

Chương 6

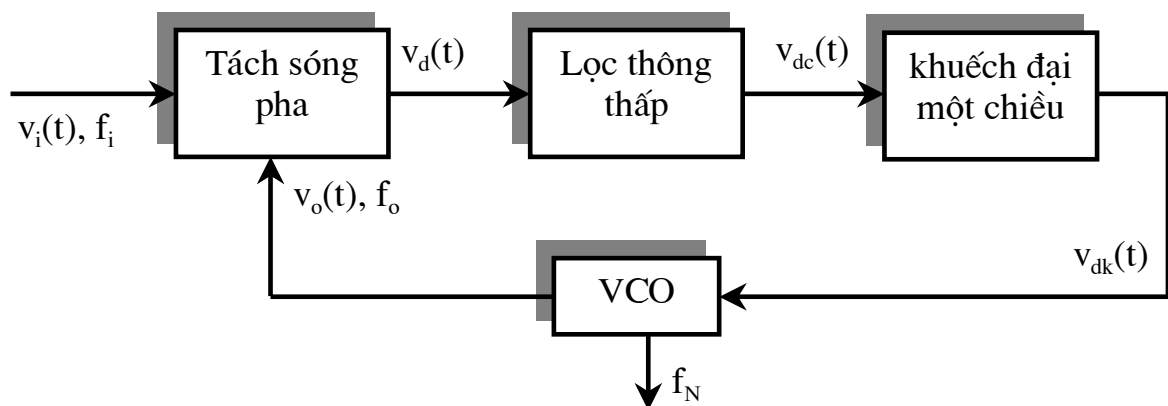
VÒNG KHOÁ PHA PLL

TRONG ĐIỆN TỬ THÔNG TIN

6.1 Tổng quan về Vòng khoá pha (Phase Locked Loop - PLL)

Vòng khoá pha PLL là hệ thống vòng kín hồi tiếp, trong đó tín hiệu hồi tiếp dùng để khoá tần số và pha của tín hiệu ra theo tần số và pha tín hiệu vào. Tín hiệu vào có thể có dạng tương tự hình sine hoặc dạng số. Ứng dụng đầu tiên của PLL vào năm 1932 trong việc tách sóng đồng bộ. Ngày nay, nhờ công nghệ tích hợp cao làm cho PLL có kích thước nhỏ, độ tin cậy cao, giá thành rẻ, dễ sử dụng. Kỹ thuật PLL được ứng dụng rộng rãi trong các mạch lọc, tổng hợp tần số, điều chế và giải điều chế, điều khiển tự động v.v... Có hàng chục kiểu vi mạch PLL khác nhau, một số được chế tạo phổ thông đa dạng, một số được ứng dụng đặc biệt như tách âm (Tone), giải mã Stereo, tổng hợp tần số. Trước đây đa phần PLL bao gồm cả mạch số lẫn tương tự. Hiện nay PLL số trở nên phổ biến.

6.2 Sơ đồ khối



Hình 6.1 Sơ đồ khối của vòng giữ pha PLL

+ Tách sóng pha: so sánh pha giữa tín hiệu vào và tín hiệu ra của VCO để tạo ra tín hiệu sai lệch $V_d(t)$

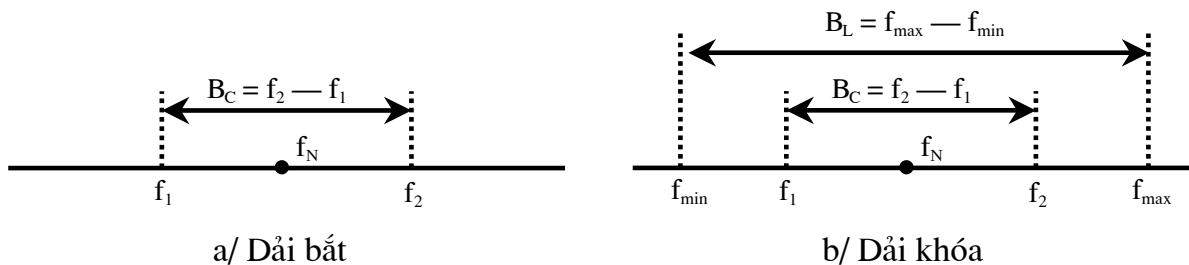
- + Lọc thông thấp: lọc gợn của điện áp $V_d(t)$ để trở thành điện áp biến đổi chậm $V_{dc}(t)$ và đưa vào mạch khuếch đại một chiều
- + Khuếch đại một chiều: khuếch đại điện áp một chiều $V_{dk}(t)$ để đưa vào điều khiển tần số của mạch VCO
- + VCO (Voltage Controlled Oscillator): bộ dao động mà tần số ra được điều khiển bằng điện áp đưa vào.

6.3 Hoạt động của mạch

6.3.1 Nguyên lý hoạt động

Vòng khoá pha hoạt động theo nguyên tắc vòng điều khiển mà đại lượng vào và ra là tần số và chúng được so sánh với nhau về pha. Vòng điều khiển pha có nhiệm vụ phát hiện và điều chỉnh những sai số nhỏ về tần số giữa tín hiệu vào và ra. Nghĩa là PLL làm cho tần số f_0 của tín hiệu VCO bám theo tần số f_i của tín hiệu vào.

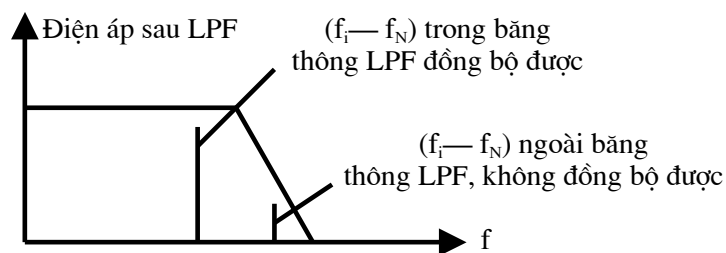
Khi không có tín hiệu v_i ở ngõ vào, điện áp ngõ ra bộ khuếch đại $V_{dc}(t) = 0$, bộ dao động VCO hoạt động ở tần số tự nhiên f_N được cài đặt bởi điện trở, tụ điện ngoài. Khi có tín hiệu vào v_i , bộ tách sóng pha so sánh pha và tần số của tín hiệu vào với tín hiệu ra của VCO. Ngõ ra bộ tách sóng pha là điện áp sai lệch $V_d(t)$, chỉ sự sai biệt về pha và tần số của hai tín hiệu. Điện áp sai lệch $V_d(t)$ được lọc lấy thành phần biến đổi chậm $V_{dc}(t)$ nhờ bộ lọc thông thấp LPF, khuếch đại để thành tín hiệu $V_{dk}(t)$ đưa đến ngõ vào VCO, để điều khiển tần số VCO bám theo tần số tín hiệu vào. Đến khi tần số f_0 của VCO bằng tần số f_i của tín hiệu vào, ta nói bộ VCO đã bắt kịp tín hiệu vào. Lúc bấy giờ sự sai lệch giữa 2 tín hiệu này chỉ còn là sự sai lệch về pha mà thôi. Bộ tách sóng pha sẽ tiếp tục so sánh pha giữa 2 tín hiệu để điều khiển cho VCO hoạt động sao cho sự sai lệch pha giữa chúng giảm đến giá trị bé nhất.



Hình 6.2 Dải bắt và dải khóa của PLL

Dải bắt B_C (Capture range): ký hiệu $B_C = f_2 - f_1$, là dải tần số mà tín hiệu vào thay đổi nhưng PLL vẫn đạt được sự khoá pha, nghĩa là bộ VCO vẫn bắt kịp tần số tín hiệu vào. Nói cách khác, là dải tần số mà tín hiệu vào ban đầu phải lọt vào để PLL có thể thiết lập chế độ đồng bộ (chế độ khóa).

B_C phụ thuộc vào băng thông LPF. Để PLL đạt được sự khóa pha thì độ sai lệch tần số ($f_i - f_N$) phải nằm trong băng thông LPF. Nếu nó nằm ngoài băng thông thì PLL sẽ không đạt được khóa pha vì biên độ điện áp sau LPF giảm nhanh.



Hình 6.3 Điện áp sau bộ lọc thông thấp

Giả sử mạch PLL đã đạt được chế độ khoá, VCO đã đồng bộ với tín hiệu vào. Bây giờ ta thay đổi tần số tín hiệu vào theo hướng lớn hơn tần số VCO thì VCO sẽ bám theo. Tuy nhiên khi tăng đến một giá trị nào đó thì VCO sẽ không bám theo được nữa và quay về tần số tự nhiên ban đầu của nó. Ta làm tương tự như trên nhưng thay đổi tần số tín hiệu vào theo hướng nhỏ hơn tần số VCO. Đến một giá trị nào đó của tần số tín hiệu vào thì VCO sẽ không bám theo được nữa và cũng trở về tần số tự nhiên của nó. Dải giá trị tần số từ thấp nhất đến cao nhất đó của tín hiệu vào được gọi là dải khoá. Từ đó ta định nghĩa:

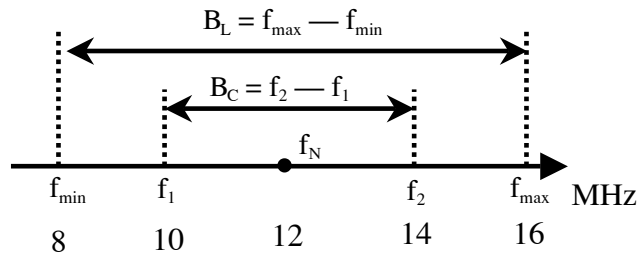
Dải khóa B_L (Lock range): ký hiệu $B_L = f_{\max} - f_{\min}$, là dải tần số mà PLL đồng nhất được tần số f_0 với f_i . Dải này còn gọi là đồng chỉnh (Tracking range). Các tần số $f_{\max}$, $f_{\min}$ tần số cực đại và cực tiểu mà PLL thực hiện được khóa pha (đồng bộ). Dải khóa phụ thuộc hàm truyền đạt (độ lợi) của bộ tách sóng pha, khuếch đại, VCO. Nó không phụ thuộc vào đáp tuyến bộ lọc LPF vì khi PLL khóa pha thì $f_i - f_0 = 0$.

Khi PLL chưa khóa pha: $f_i \neq f_0$. Khi PLL khóa pha: $f_i = f_0$. ở chế độ khóa pha, dao động f_0 của VCO bám đồng bộ theo f_i trong dải tần khóa B_L rộng hơn dải tần bắt B_C .

Ví dụ:

VCO của một vòng khoá pha PLL có tần số tự nhiên bằng 12MHz. Khi tần số tín hiệu vào tăng lên từ giá trị 0Hz thì vòng PLL khoá tại giá trị 10MHz. Sau đó tiếp tục tăng thì nó sẽ bị mất khoá pha tại 16MHz.

1. Hãy tìm dải bắt và dải khoá.
2. Ta lặp lại các bước trên nhưng bắt đầu với tần số tín hiệu vào có giá trị rất cao, sau đó giảm dần. Hãy tính các tần số mà PLL thực hiện khoá pha và mất khoá pha.



Hình 6.4 Dải bắt và dải khoá của PLL

1. Dải bắt: $B_C = f_2 - f_1 = 2(12 - 10) = 4\text{MHz}$
Dải khoá: $B_L = f_{\max} - f_{\min} = 2(16 - 12) = 8\text{MHz}$

2. Đáp ứng của vòng PLL có tính đối xứng, nghĩa là tần số tự nhiên tại trung tâm của dải khoá và dải bắt. Do đó, khi giảm tần số tín hiệu vào đến 14MHz thì PLL sẽ bắt đầu thực hiện khoá pha (VCO bám đuổi tín hiệu vào). Tiếp tục giảm tần số tín hiệu vào thì đến giá trị 8MHz PLL bắt đầu mất khoá pha (VCO không bám còn bám đuổi tín hiệu vào được nữa).

6.3.2 Tính chất của PLL tuyến tính

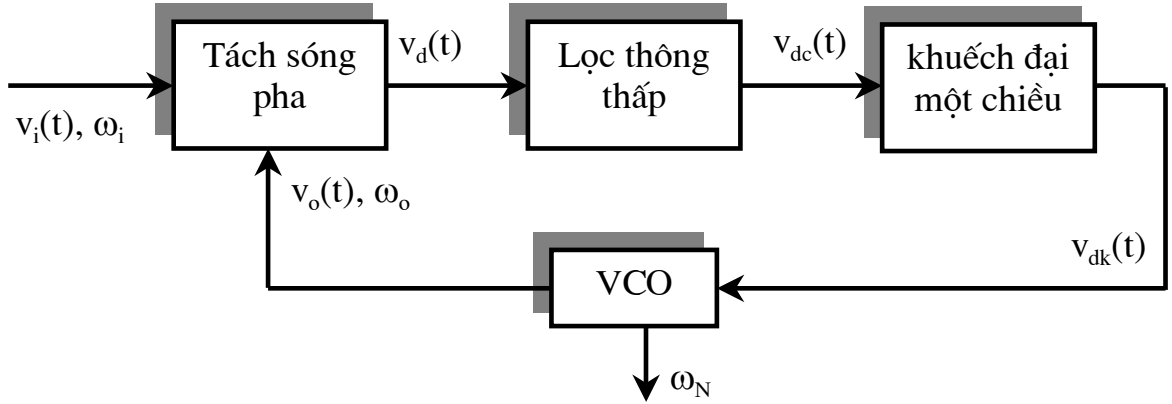
Giả sử tín hiệu vào bộ PLL và tín hiệu ra của mạch VCO là các tín hiệu hình sine có dạng:

$$v_i(t) = V_i \sin \omega_i t, \quad v_o(t) = V_o \sin(\omega_o t + \varphi_o)$$

φ_o là pha ban đầu của $v_o(t)$

$\varphi(t) = (\omega_i - \omega_o)t - \varphi_o$: độ lệch pha giữa $v_i(t)$ và $v_o(t)$

K, K_d, K_o : lần lượt là hệ số truyền đạt của bộ tách sóng pha, bộ lọc thông thấp+khuếch đại một chiều và bộ VCO.



Hình 6.1 Sơ đồ khối của vòng giữ pha PLL

Trong dải khoá, PLL là một mạch điều khiển tuyến tính. Theo các giả thiết ở trên, ta có điện áp ra của bộ tách sóng pha như sau:

$$\begin{aligned} v_d(t) &= K v_i(t) v_o(t) = K V_i V_o \sin \omega_i t \sin(\omega_o t + \varphi_o) = \\ &= \frac{K V_i V_o}{2} \{ \cos[(\omega_i - \omega_o)t - \varphi_o] - \cos[(\omega_i + \omega_o)t + \varphi_o] \} \end{aligned} \quad (6.1)$$

Khi tần số giới hạn của bộ lọc thông thấp thấp hơn rất nhiều so với $\frac{1}{2\pi}(\omega_i + \omega_o)$ thì có thể bỏ qua thành phần tần số tổng trong biểu thức (6.1) và ta có điện áp điều khiển đưa đến bộ VCO:

$$\begin{aligned} v_{dk}(t) &= K v_i v_o = K_d K \frac{V_i V_o}{2} |G[j(\omega_i - \omega_o)]| \cos[(\omega_i - \omega_o)t - \varphi_o] = \\ &= K_d K \frac{V_i V_o}{2} |G[j(\omega_i - \omega_o)]| \cos \varphi(t) \end{aligned} \quad (6.2)$$

Trong đó:

$|G[j(\omega_i - \omega_o)]|$: Module của hàm truyền đạt của bộ lọc

Xung quanh điểm làm việc tĩnh, tần số VCO tỉ lệ tuyến tính với điện áp điều khiển v_{dk} . Do đó, ta có thể viết:

$$\omega_o - \omega_N = K_o v_{dk} \quad (6.3)$$

Trong đó: ω_N : là tần số dao động tự nhiên của VCO (tương ứng với $v_{dk}=0$).

Trong dải bắt, khi ω_i = hằng số thì hiệu pha giữa v_i và v_o cũng không thay đổi và bằng φ_o vì $\omega_i = \omega_o$. Do đó, từ (6.2) ta suy ra:

$$v_{dk} = K_d K \frac{V_i V_o}{2} \cos \varphi_o \quad (6.4)$$

Điện áp điều khiển v_{dk} là điện áp một chiều, làm cho tần số VCO thay đổi một lượng:

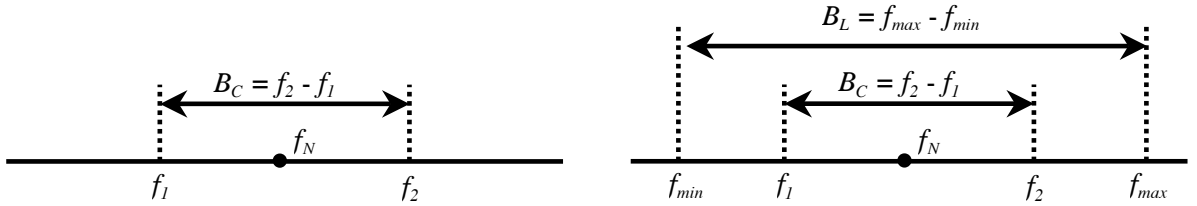
$$\Delta f = f_o - f_N = f_i - f_N \quad (6.5)$$

$$\text{Hay} \quad \Delta \omega = \omega_o - \omega_N = K_o v_{dk} \quad (6.6)$$

Thay (6.4) vào (6.6) và giả thiết $\varphi_o = 0$ ta tính được độ lệch tần tối đa:

$$\Delta \omega_L = K_o K_d K \frac{V_i V_o}{2} \quad (6.7)$$

$$\text{Suy ra:} \quad 2\Delta \omega_L = K_o K_d K V_i V_o$$



Hình 6.2 Dải bắt và dải khóa của PLL

Nghĩa là tần số của VCO chỉ có thể bám theo tần số vào trong dải $\omega_o \pm \Delta \omega_L$ với điều kiện trước đó mạch đã hoạt động (đã ở trong dải khóa). Vì vậy $2\Delta \omega_L$ hay $B_L = f_2 - f_1 = 2\Delta f_L$ được gọi là dải khóa của PLL. Nó được phân bố đối xứng với tần số dao động tự do f_N của VCO và như đã nói, nó không phụ thuộc vào dải thông của bộ lọc.

Dải bắt có thể tính được như sau: Nếu tách mạch điều khiển ở đầu vào VCO thì tần số ra là $f_o = f_N$. Điện áp điều khiển cực đại (khi đóng mạch) đưa đến VCO được tính theo biểu thức (6.2)

$$v_{dk} = K_d K \frac{V_i V_o}{2} |G[j(\omega_i - \omega_o)]| \quad (6.8)$$

Điện áp này làm tần số VCO thay đổi một lượng:

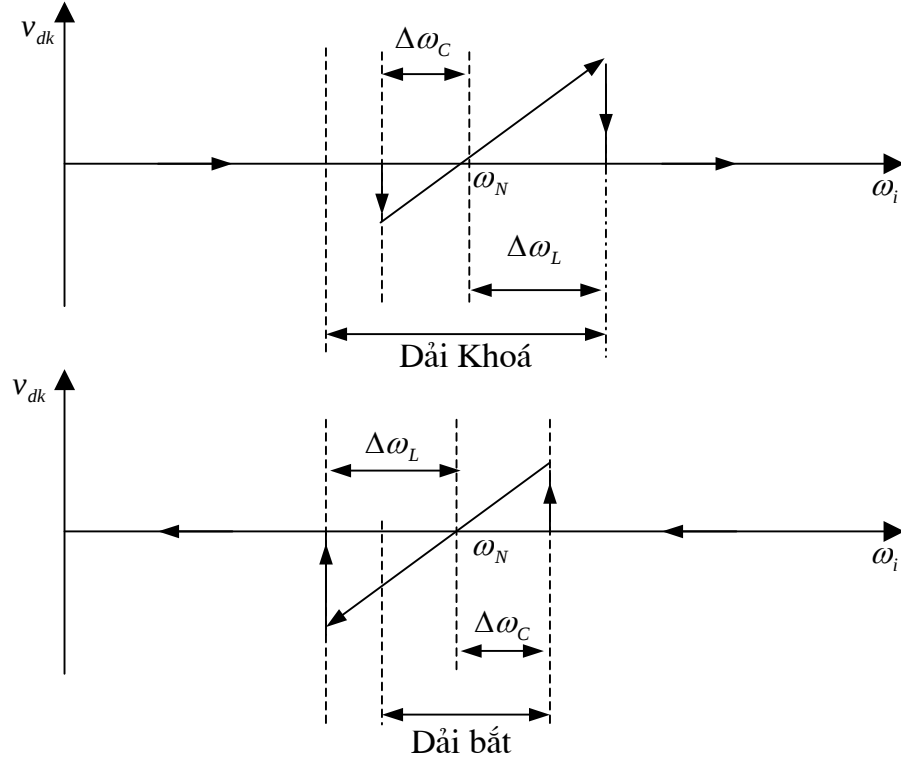
$$\Delta \omega^* = K_o v_{dk} = K_o K_d K \frac{V_i V_o}{2} |G[j(\omega_i - \omega_o)]| \quad (6.9)$$

Sao cho ở đầu ra bộ tách sóng pha có tần số:

$$\omega_i - \omega_o' = \omega_i - \omega_N \pm \Delta\omega^* \quad (6.10)$$

Từ (6.10) ta có dải bắt của PLL tuyến tính:

$$2\Delta\omega_C = 2\Delta\omega^* \approx K_o K_d K V_i V_o |G(j\Delta\omega_C)| \quad (6.11)$$



Hình 6.5b. Cơ chế khoá và bắt của PLL

Cũng như lý luận ở phần trên, theo hình 6.5b, tần số ra của PLL chỉ bám theo tần số

vào khi $|\omega_i - \omega_o'| < \Delta\omega_L$ với điều kiện PLL đã hoạt động trong dải bắt.

Và khi $|\omega_i - \omega_o'| < \Delta\omega_C$ nếu trước đó PLL chưa nằm trong dải bắt.

Nhờ cơ chế khoá và bắt nên PLL có tính chọn lọc theo tần số.

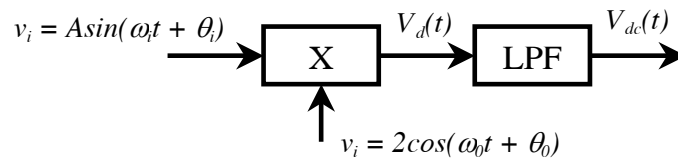
6.3.2 Các thành phần của PLL

6.3.2.1 Bộ tách sóng pha (Phase Detector):

còn gọi là bộ so sánh pha. Có ba loại tách sóng pha:

1. Loại tương tự ở dạng mạch nhân có tín hiệu ra tỷ lệ với biên độ tín hiệu vào.
2. Loại số thực hiện bởi mạch số EX-OR, RS Flip Flop v.v... có tín hiệu ra biến đổi chậm phụ thuộc độ rộng xung ngõ ra tức là phụ thuộc sai lệch về pha giữa hai tín hiệu vào.
3. Loại tách sóng pha lấy mẫu.

1/ Bộ tách sóng pha tương tự:



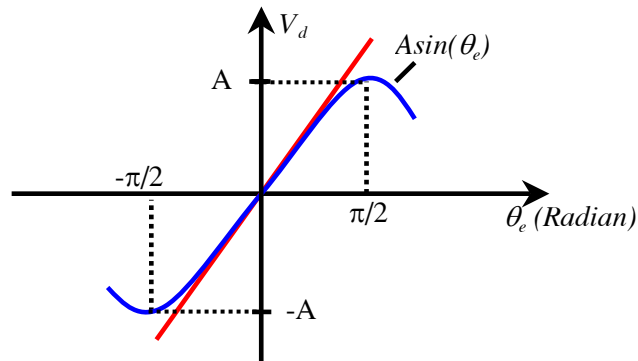
Hình 6.5 Nguyên lý hoạt động của bộ tách sóng pha tương tự

Bộ đổi tần hay mạch nhân thực hiện nhân hai tín hiệu. Ngõ ra của nó có điện áp:

$$V_d(t) = A \sin[(\omega_i - \omega_0)t + (\theta_i - \theta_0)] + A \sin[(\omega_i + \omega_0)t + (\theta_i + \theta_0)]$$

Qua bộ lọc thông thấp LPF, chỉ còn thành phần tần số thấp. Khi khóa pha ($\omega_i = \omega_0$) có $V_d = A \sin(\theta_i - \theta_0)$. Điện áp này tỷ lệ với biên độ điện áp vào A và độ sai pha $\theta_e = \theta_i - \theta_0$. Nếu θ_e nhỏ, hàm truyền đạt của bộ tách sóng pha coi như tuyến tính. Dải khóa giới hạn trong $|\theta_e| < \pi/2$. Ta có độ lợi tách sóng pha k_ϕ tính được theo công thức:

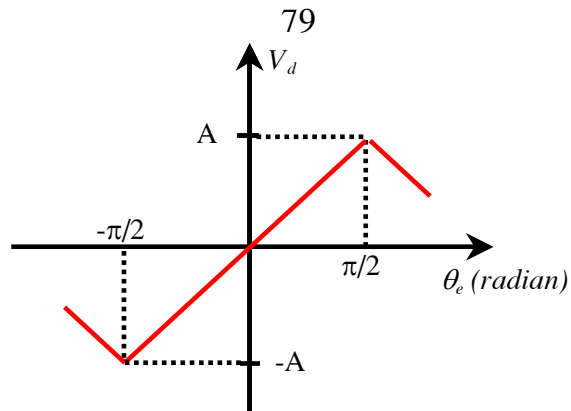
$$k_\phi = A \text{ (V/radian)}$$



Hình 6.6 Hàm truyền đạt của bộ tách sóng pha tương tự

2/ Bộ tách sóng pha số:

Dùng mạch số EX-OR, R-S Flip Flop v.v... có đáp tuyến so sánh pha dạng:

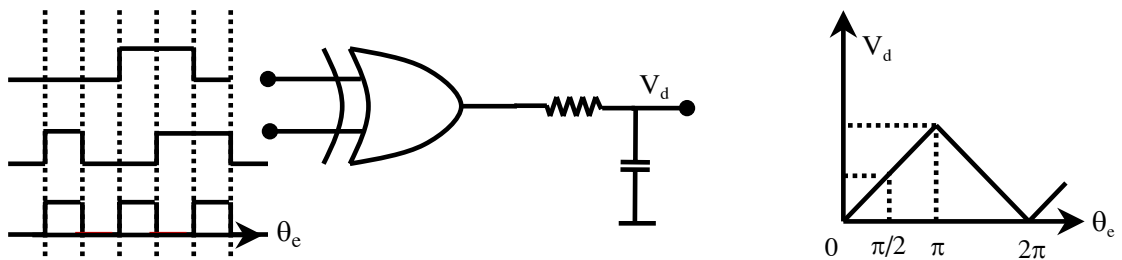


Hình 6.7 Hàm truyền đạt của bộ tách sóng pha số

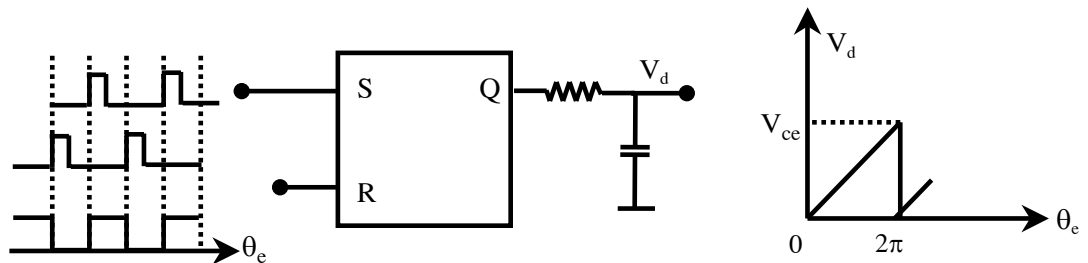
Đáp tuyến tuyến tính trong khoảng $|\theta_e| \leq \pi/2$. Độ lợi tách sóng pha:

$$k_\phi = A/(\pi/2) = 2A/\pi$$

Tách sóng pha số EX-OR và đáp tuyến:

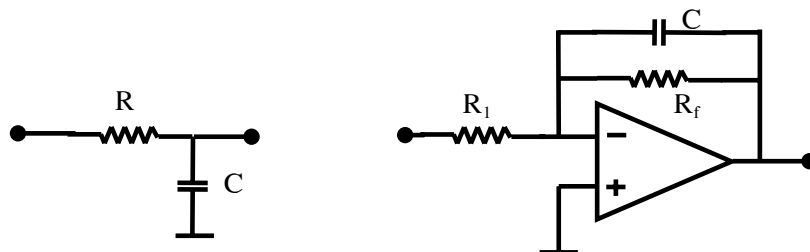


Tách sóng pha số dùng R-S Flip Flop và đáp tuyến:



Điện áp sai lệch biến đổi chậm V_d tại ngõ ra bộ tách sóng pha số tỷ lệ với độ rộng xung ngõ ra tức là tỷ lệ độ sai lệch về pha θ_e (hay tần số tức thời) của hai tín hiệu vào.

6.3.2.2 Lọc thông thấp LPF



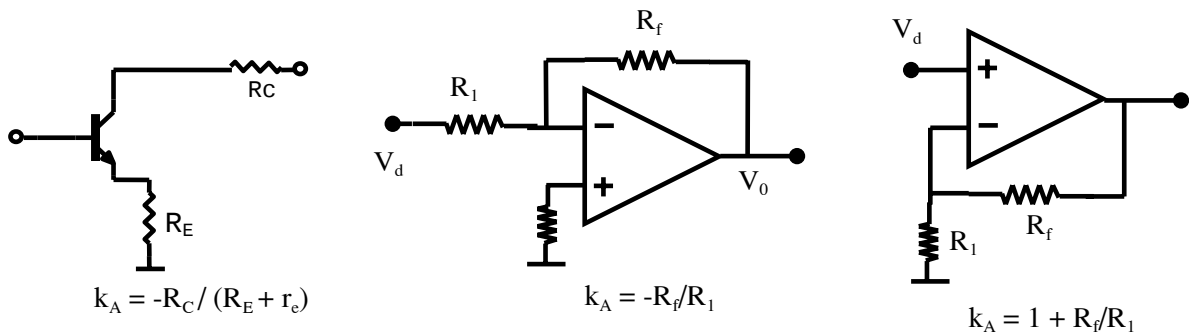
LPF thường là mạch lọc bậc 1, tuy nhiên cũng dùng bậc cao hơn để triệt thành phần AC theo yêu cầu. LPF có thể ở dạng mạch thụ động hay tích cực.

Ngõ ra bộ tách sóng pha gồm nhiều thành phần f_0 , f_i , $f_i - f_0$, $f_i + f_0$, v.v...

Sau LPF chỉ còn thành phần tần số rất thấp ($f_i - f_0$) đến bộ khuếch đại để điều khiển tần số VCO bám theo f_i . Sau vài vòng điều khiển hồi tiếp PLL được đồng bộ (khóa pha) $f_i = f_0$, tần số phách ($f_i - f_0$) = 0. Vòng khóa pha hoạt động chính xác khi tần số vào f_i , f_0 thấp khoảng vài trăm KHz trở lại.

6.3.2.3 Khuếch đại một chiều

Khuếch đại tín hiệu biến đổi chậm (DC) sau bộ lọc thông thấp LPF. Độ lợi khuếch đại k_A .

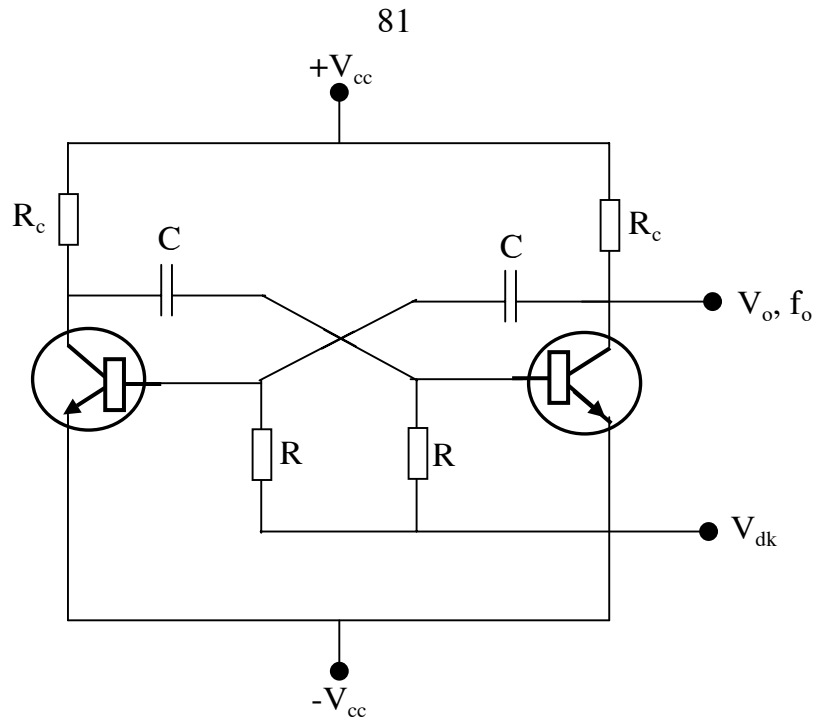


Hình 6.8 Khuếch đại một chiều

6.3.2.4 VCO (Voltage controlled oscillator)

Là mạch dao động có tần số được kiểm soát bằng điện áp .

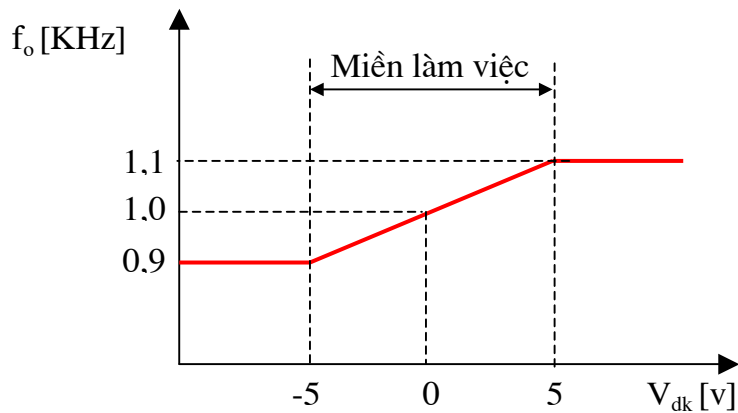
Yêu cầu chung của mạch VCO là quan hệ giữa điện áp điều khiển $V_{dk}(t)$ và tần số ra $f_o(t)$ phải tuyến tính. Ngoài ra mạch còn có độ ổn định tần số cao, dải biến đổi của tần số theo điện áp vào rộng, đơn giản, dễ điều chỉnh và thuận lợi cho việc tổ hợp thành vi mạch (không có điện cảm).



Hình 6.9 Mạch VCO tiêu biểu

Về nguyên tắc có thể dùng mọi mạch dao động là tần số dao động có thể biến thiên được trong phạm vi $\pm 10\% \div \pm 50\%$ xung quanh tần số dao động tự do. Tuy nhiên các bộ dao động tạo xung chữ nhật được sử dụng rộng rãi vì loại này có thể làm việc trong phạm vi tần số khá rộng (từ 1MHz đến khoảng 100MHz). Trong phạm vi từ 1MHz đến 50MHz thường dùng các mạch dao động đa hài.

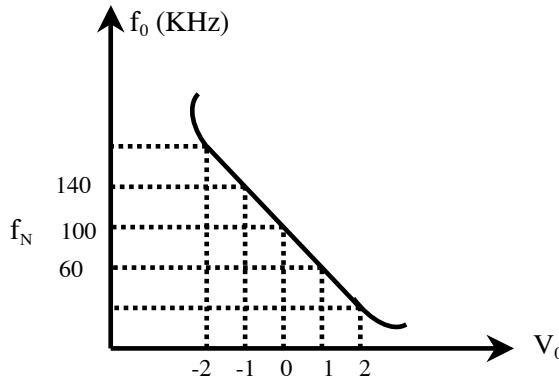
Hình 6.9 biểu diễn một mạch VCO dao động đa hài tiêu biểu. Khi nối đầu điều khiển V_{dk} với V_{cc} thì đây là một mạch dao động đa hài thông thường, khi tách ra và đặt điện áp điều khiển V_{dk} vào đầu đó thì tần số dãy xung ra biến thiên theo điện áp V_{dk} .



Hình 6.10 Đặc tuyến truyền đạt $f_o(V_{dk})$ tiêu biểu của VCO

Cụ thể nếu V_{dk} tăng thì thời gian phóng nạp của tụ giảm do đó tần số ra tăng và ngược lại. Ta có đặc tuyến truyền đạt $f_o(V_{dk})$ được biểu diễn như hình 6.10

Ví dụ:



Đặc tuyến truyền đạt của 1 VCO có dạng như hình vẽ. Khi điện áp vào VCO bằng 0, tần số dao động tự do là f_N . Khi điện áp điều khiển thay đổi một lượng ΔV_0 , tần số ra thay đổi một lượng Δf_0 .

Độ lợi chuyển đổi V to f của VCO: $k_0 = \Delta f_0 / \Delta V_0$ (Hz/V)

Tần số f_N ở giữa vùng tuyến tính đáp tuyến. Ví dụ khi điện áp vào thay đổi từ 1V đến $-1V$, tần số tăng từ 60KHz đến 140KHz. Độ lợi chuyển đổi (hay độ nhạy k_0):

$$k_0 = \frac{\Delta f_0}{\Delta V_0} = \frac{(60 - 140) \text{ KHz}}{[1 - (-1)] \text{ V}} = -40 \text{ KHz/V}$$

6.4 Ứng dụng của vòng khoá pha PLL

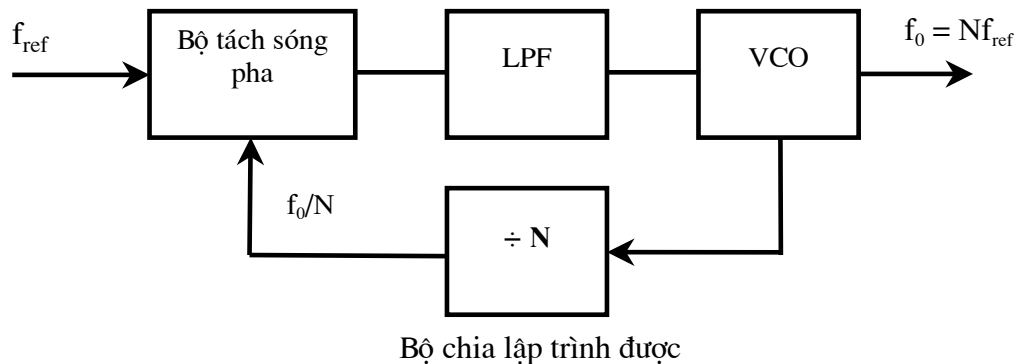
6.4.1 Bộ tổng hợp tần số đơn

Như đã đề cập trong các chương trước, trong các máy phát hoặc các máy thu đổi tần cần có các mạch dao động có thể thay đổi tần số để phát hoặc thu các kênh khác nhau. Trước đây, người ta thực hiện thay đổi tần số mạch dao động LC bằng cách thay đổi giá trị của L hoặc C. Lúc đó chúng được gọi là các mạch dao động có thể thay đổi tần số VFO (Variable-frequency Oscillators). Tuy nhiên, mạch dao động thường không có độ ổn định cao trong một dải tần số rộng do giá trị của L và C thường thay đổi theo nhiệt độ, độ ẩm và các tác nhân khác. Đồng thời chúng thường cồng kềnh và giá thành cao.

Việc sử dụng thạch anh trong mạch dao động có thể tăng độ ổn định tần số dao động lên rất cao, độ di tần tương đối có thể giảm đến vài phần triệu trong khoảng thời gian dài. Tuy nhiên, tần số của chúng chỉ có thể thay đổi rất nhỏ bằng cách thay đổi các tụ nối tiếp hoặc song song. Nghĩa là nó không tạo ra được các tần số khác biệt nhau.

Nhiều năm gần đây người ta kết hợp các mạch dao động thạch anh có tần số ổn định với các chuyển mạch để tạo ra các tần số khác nhau cho các kênh. Tuy nhiên, giải pháp này cũng tốn nhiều linh kiện và giá thành cao.

Gần đây, người ta thiết kế và đưa vào sử dụng các bộ tổng hợp tần số dựa trên nguyên lý vòng khoá pha PLL. Nó càng ngày càng phổ biến và được dùng trong hầu hết các máy thu phát hiện đại do tính gọn nhẹ, không yêu cầu độ chính xác cơ khí cao, ứng dụng các thành quả của công nghệ sản xuất vi mạch để nâng cao tốc độ và tính chính xác của các IC chế tạo nên PLL. Đồng thời khi kết hợp với thạch anh, nó có khả năng tạo ra dải tần rộng, độ chính xác cao, giá thành thấp □



Hình 6.11 Bộ tổng hợp tần số đơn

Bộ tổng hợp tần số đơn được thiết kế bằng cách đưa tín hiệu chuẩn từ dao động thạch anh vào so pha một mạch PLL có bộ chia lập trình được như hình 5.11. Khi PLL thực hiện khoá pha, thì ta có $f_{ref} = \frac{f_{VCO}}{N}$ Suy ra $f_{VCO} = Nf_{ref} = f_o$. Ví dụ bộ đếm lập trình 74192.

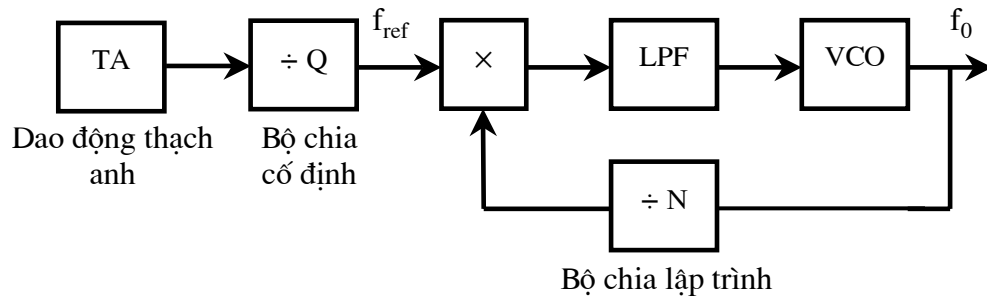
Điều này có nghĩa là khi ta thay đổi N từ bộ chia sẽ nhận được các tần số ra khác nhau. Hệ số N có thể được chọn giá trị khác nhau bằng cách thay đổi điện áp một vài

chân của IC chia. Do đó bộ tổng hợp tần số này có thể được điều khiển dễ dàng nhờ máy tính hoặc điều khiển từ xa. Đồng thời, giảm được giá thành và độ phức tạp so với các bộ tổng hợp tần số sử dụng L,C trước đây.

Khuyết điểm duy nhất của mạch này là nó chỉ tạo ra các tần số bằng bội số của tần số chuẩn $f_o = Nf_{ref}$. Chẳng hạn, khi $f_{ref}=100\text{KHz}$ thì mạch sẽ tạo ra được các tần số bằng bội số của 100KHz. Điều này phù hợp với chương trình phát quảng bá FM trong đó khoảng cách giữa các kênh bằng 200KHz. Trong khi đó, nó không phù hợp với chương trình phát quảng bá AM trong đó khoảng cách kênh là 10KHz (thạch anh không thể dao động dưới tần số 100 KHz)

Bước thay đổi tần số tối thiểu gọi là độ phân giải của bộ tổng hợp tần số.

Để khắc phục, người ta sử dụng một bộ chia cố định để chia nhỏ tần số chuẩn trước khi đưa vào bộ tách sóng pha như hình vẽ.



Hình 6.13 Bộ tổng hợp tần số có tần số ra thấp

Ví dụ: Hãy thiết kế bộ tổng hợp tần số PLL sử dụng thạch anh 10MHz sao cho nó tạo ra dải tần số phát quảng bá AM từ 540 KHz đến 1700KHz.

Bộ tổng hợp tần số được biểu diễn như hình 5.13. Vì khoảng cách kênh trong thông tin AM là 10KHz nên ta thiết kế $f_{ref}=10\text{KHz}$. Lúc đó khi N tăng hoặc giảm 1 đơn vị thì tần số đầu ra sẽ chuyển đến kênh kế cận. Từ đó, ta tính được hệ số Q như sau:

$$Q = \frac{f_{osc}}{f_{ref}} = \frac{10\text{MHz}}{10\text{KHz}} = 1000$$

Tiếp đến, ta xác định dải thay đổi của N . Khi thay đổi N 1 đơn vị thì tần số ra thay đổi tương ứng 1 kênh. Từ đó, ta có thể xác định giá trị N để tạo ra tần số bất kỳ trong dải

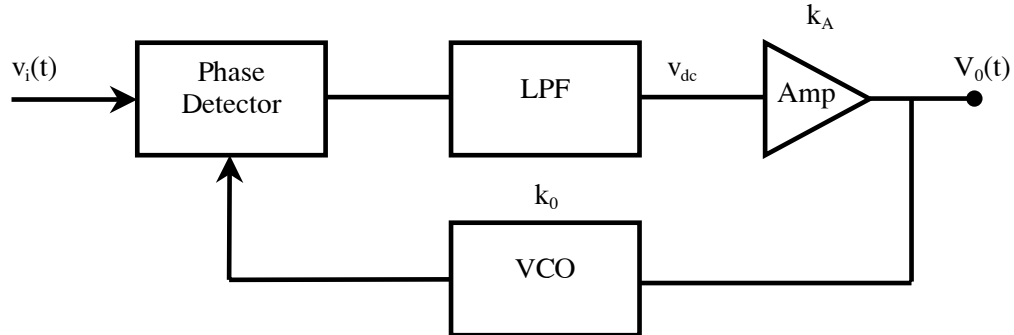
tần AM. Chẳng hạn, tại tần số thấp nhất của băng tần: $N = \frac{f_o}{f_{ref}} = \frac{540KHz}{10KHz} = 54$

tại tần số cao nhất của băng tần: $N = \frac{f_o}{f_{ref}} = \frac{1700KHz}{10KHz} = 170$

6.4.2 Giải điều chế FM

Nếu PLL khóa theo tần số tín hiệu vào, điện áp ngõ vào VCO tỷ lệ với độ dịch tần số VCO kể từ f_N . Nếu tần số vào thay đổi, điện áp điều khiển VCO dịch tương ứng trong khoảng đồng chỉnh B_L .

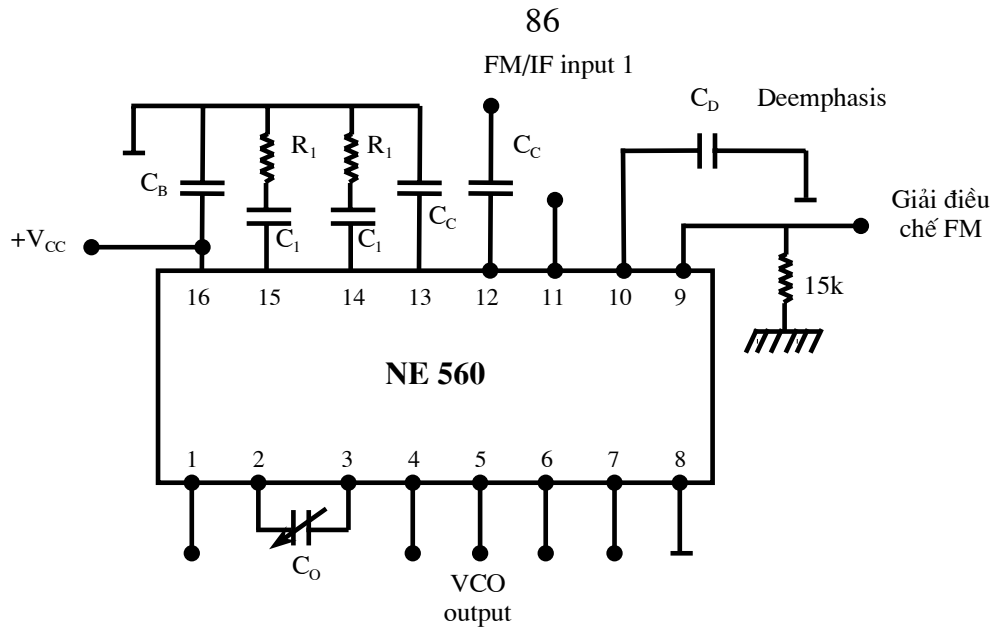
Nếu tín hiệu vào là điều tần, điện áp điều khiển VCO chính là điện áp giải điều chế FM. PLL dùng để tách sóng FM dải hẹp hoặc dải rộng với độ tuyến tính cao. Giả sử điện áp ra bộ tách sóng pha cực đại là V_d , điện áp ngõ vào VCO là $k_A \cdot V_d$, độ di tần cực đại: $\Delta\omega_{max} = k_0 k_A V_d$, k_0 : là độ lợi VCO.



Hình 6.14

Dải khóa $B_L = 2\Delta\omega_{max} = 2 \cdot k_0 k_A V_d$. Dải khóa hay còn gọi là dải đồng bộ phải lớn hơn độ di tần của tín hiệu vào.

Giải điều chế FM dùng PLL thực hiện bằng cách cài đặt tần số dao động tự do f_N bằng tần số trung tâm tín hiệu FM ngõ vào có biên độ không đổi. Trong nhiều ứng dụng cụ thể, trước tách sóng pha PLL có mạch khuếch đại hạn biên độ.



Hình 6.15 PLL giải điều chế FM (IC NE 560)

$$C_D = \frac{\tau}{8.10^3} = 9,38nF$$

Ví dụ: IF_{FM}=10,7MHz có $C_0 = \frac{3.10^{-1}}{f_N} = 28PF$

Băng thông (PLL) chọn lọc tín hiệu sau LPF: 15KHz

$$C_1 = \frac{13,3.10^{-6}}{B} = 887PF$$

Chỉnh giảm $\tau = 75\mu s$

Dải khóa và ngưỡng độ nhạy:

Điện trở R_1 điều chỉnh dải khóa và ngưỡng độ nhạy NE560. Mức tín hiệu điện áp nhỏ nhất ngõ vào VCO mà PLL khóa pha gọi là ngưỡng độ nhạy.

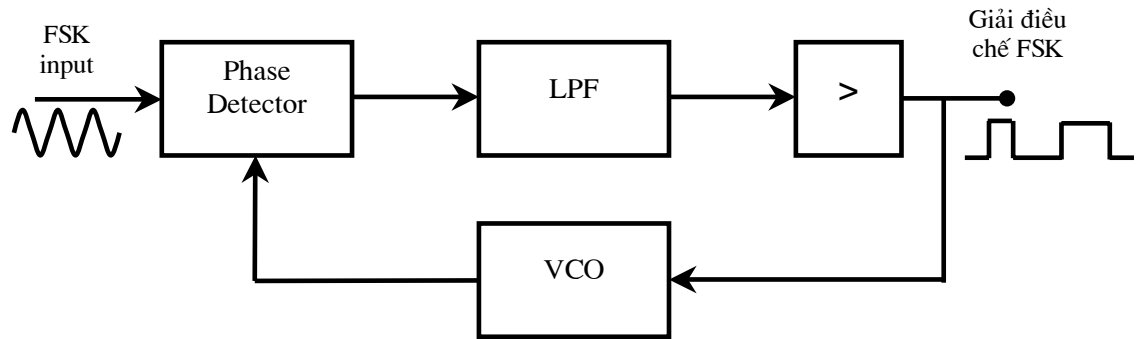
$B_L = \pm 15\% f_N$ trong khi FM phát thanh có độ di tần $\pm 75KHz$ hay $1\% f_N$ (10,7MHz). Để

giảm giải khóa, tăng giá trị $R_1 = \frac{12.10^3}{RF - 1} = \frac{12.10^3}{15 - 1} = 875\Omega$

(RF biểu thị độ giảm dải khóa từ 15% còn 1% hay bằng 15)

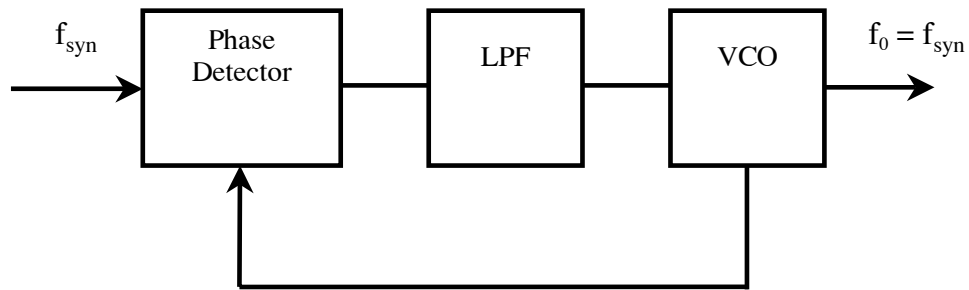
6.4.3 Giải điều chế FSK

FSK- dạng đặc biệt tín hiệu FM, chỉ có hai tần số điều tần. Giải điều chế FSK liên quan đến tách (giải mã) tín hiệu quay số điện thoại nút nhấn và truyền tín hiệu số FSK. Ngõ ra của PLL dùng cho giải điều chế FSK là hai mức điện áp.



Hình 6.16 Giải điều chế FSK dùng PLL

6.4.4 Đồng bộ tần số ngang và dọc trong TV

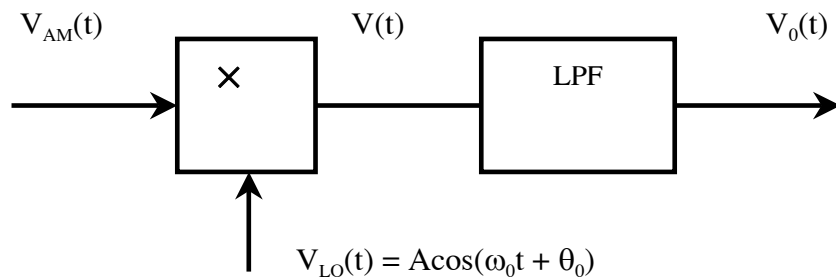


Hình 6.17 mạch đồng bộ tần số ngang và dọc

6.4.5 Giải điều chế AM

Tín hiệu AM có dạng $V_{AM}(t) = V_t[1+m\cos\omega_s t]\cos\omega_0 t$. Trong đó tín hiệu âm tần $v_s(t) = V_s\cos\omega_s t$ có thể được giải điều chế bằng cách nhân với tín hiệu sóng mang

$$V_{LO}(t) = A\cos(\omega_0 t + \theta_0)$$



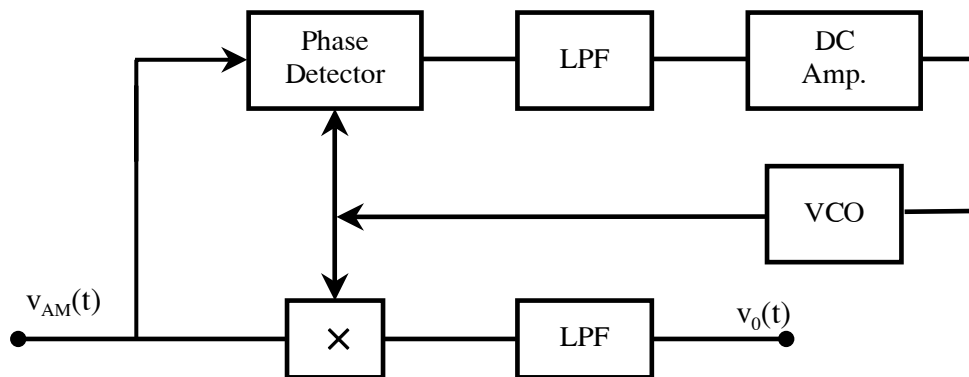
$$V(t) = V_{AM}(t) \cdot V_{LO}(t) = V_t[1+m\cos\omega_s t]\cos\omega_0 t \cdot A\cos(\omega_0 t + \theta_0)$$

$$V(t) = \frac{V_t \cdot A[1 + m \cos \omega_s t]}{2} [\cos \theta_0 + \cos(2\omega_0 t + \theta_0)]$$

Qua LPF còn thành phân tần số thấp ở ngõ ra

$$V_0(t) = \frac{V_t \cdot A}{2} [1 + m \cos \omega_s t] \cos \theta_0$$

$V_0(t)$ tỷ lệ với $m(t)$ tức là tỷ lệ với tín hiệu giải điều chế AM. Đây là kiểu tách sóng AM trực tiếp không cần đổi tần, có ưu điểm không dùng trung tần, không cần chọn lọc tần số ảnh. Để biên độ tín hiệu ra lớn nhất thì góc pha θ_0 phải bằng 0, dao động nội $V_{LO}(t)$ phải khóa pha với sóng mang, kiểu giải điều chế này còn gọi là tách sóng đồng bộ hay tách sóng nhất quán (coherent Detector), có chất lượng hơn tách sóng không nhất quán khi tỷ số S/N nhỏ.



Hình 6.18 Giải điều chế AM

6.4.6 Sử dụng PLL trong FM Stereo

6.4.6.1 Sơ đồ khối máy phát FM Stereo

Thành phần trong từng khối:

L+R: FM mono

(L-R)DSB: FM Stereo

(L-R)DSB được điều chế cân bằng triệt sóng mang (điều biên nén SAM) nhờ một sóng mang phụ $f_{sc}=38\text{KHz}$.

Sóng báo: để thông báo cho máy thu biết được chương trình đang nhận là Mono hay Stereo.

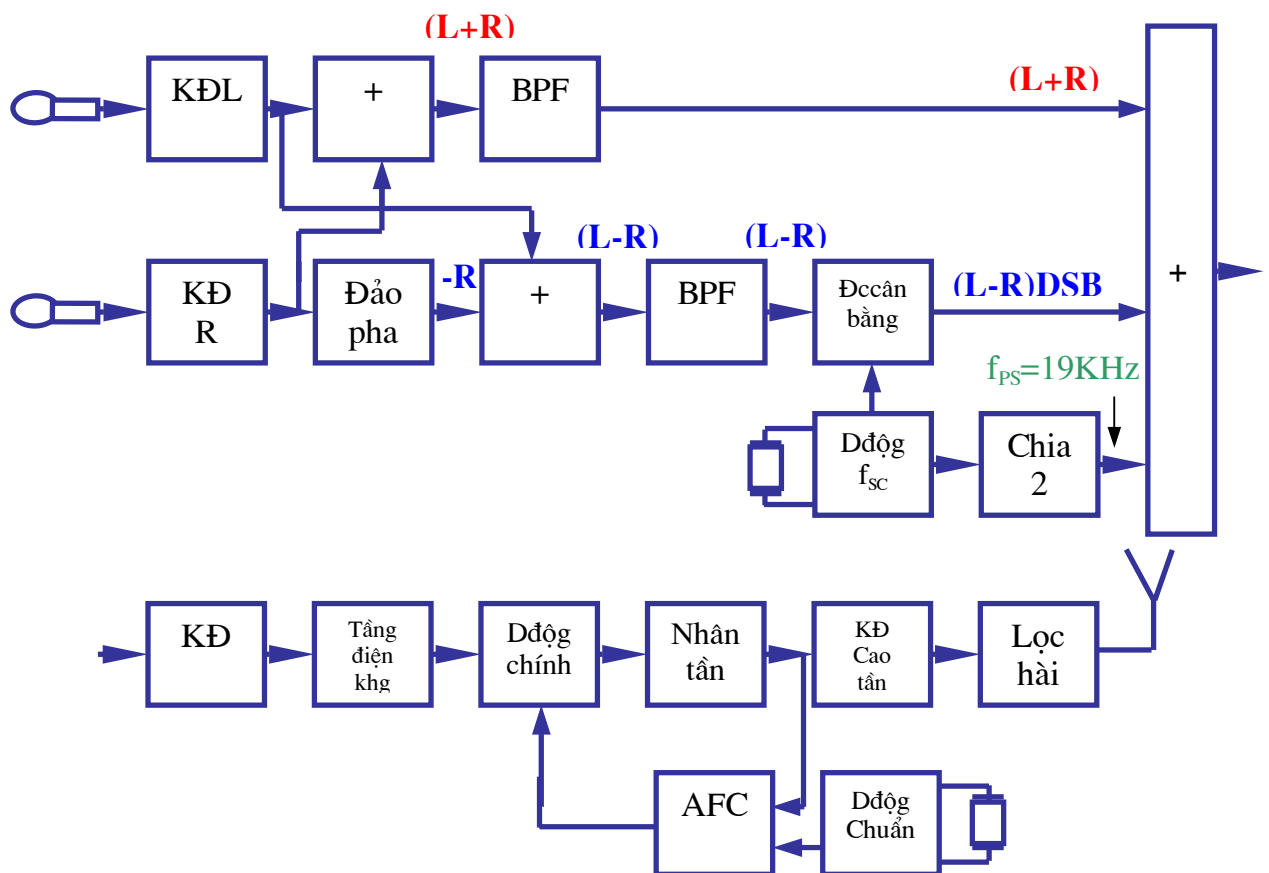
Nếu không có sóng báo thì chương trình đang nhận là FM Mono

Nếu có sóng báo thì chương trình đang nhận là FM Stereo. Nếu chất lượng sóng FM Stereo chất lượng kém thì sóng báo sẽ khoá đường giải mã FM Stereo và máy thu làm việc như khi thu chương trình FM Mono.

Người ta thường sử dụng phương pháp PLL để tạo sự đồng bộ của fsc giữa máy phát và máy thu để máy thu thực hiện được quá trình giải mã FM Stereo.

Ngoài ra còn có tín hiệu gọi là sóng thuê bao tần số $f=67\text{KHz}$

Hoạt động của mạch:



Hình 6.19 Sơ đồ khối máy phát FM Stereo

Tín hiệu từ 2 micro L và R sẽ được 2 tầng khuếch đại micro nâng biên độ. Mạch cộng thứ nhất cộng 2 tín hiệu L và R cho ra tín hiệu L+R dành cho máy thu FM Mono. Tín hiệu (L+R) sau đó đi qua mạch lọc băng thông để lọc lấy tín hiệu có dải tần số từ 30Hz đến 15KHz và đưa vào mạch cộng tổng hợp. Trong khi đó bộ cộng thứ 2 sẽ cộng tín hiệu L và tín hiệu R sau khi đã đảo pha 180° để tạo ra tín hiệu (L-R), sau đó qua

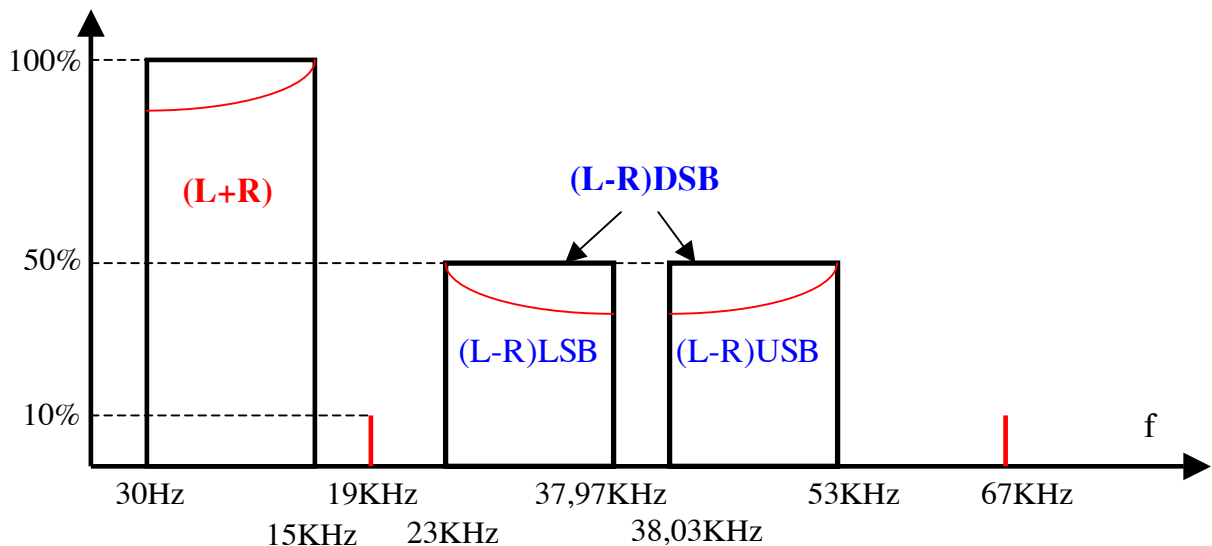
mạch lọc băng thông để lọc lấy tín hiệu trong dải tần từ 30Hz đến 15KHz. Tín hiệu này được đưa qua mạch điều chế cân bằng với tần số sóng mang phụ $f_{sc} = 38\text{KHz}$ (bằng dao động thạch anh) dùng cho máy thu FM stereo.

Đồng thời dao động sóng mang phụ $f_{sc} = 38\text{KHz}$ được chia đôi và hạn biên để tạo thành sóng báo có tần số $f_{ps} = 19\text{KHz}$ để cho máy thu biết được chương trình đang thu là FM stereo hay mono.

Ba tín hiệu $(L+R)$, $(L-R)\text{DSB}$ và $f_{ps}=19\text{KHz}$ được bộ cộng thứ 3 tạo thành tín hiệu tổng hợp. Qua tầng khuếch đại và tầng điện kháng nhằm thay đổi điện dung tương đương, sau đó nó được vào tầng dao động sóng mang chính để biến đổi thành tín hiệu FM, qua bộ nhân tần, khuếch đại cao tần, lọc hài để loại bỏ các hài bậc cao. Cuối cùng được đưa ra anten để bức xạ ra anten truyền trong không gian và đến máy thu.

Bộ AFC nhằm so sánh giữa tần số dao động chuẩn và tần số sóng mang chính để luôn luôn ổn định tần số của sóng mang chính nhằm nâng cao chất lượng của đài phát.

6.4.6.2 Phổ của tín hiệu FM Stereo



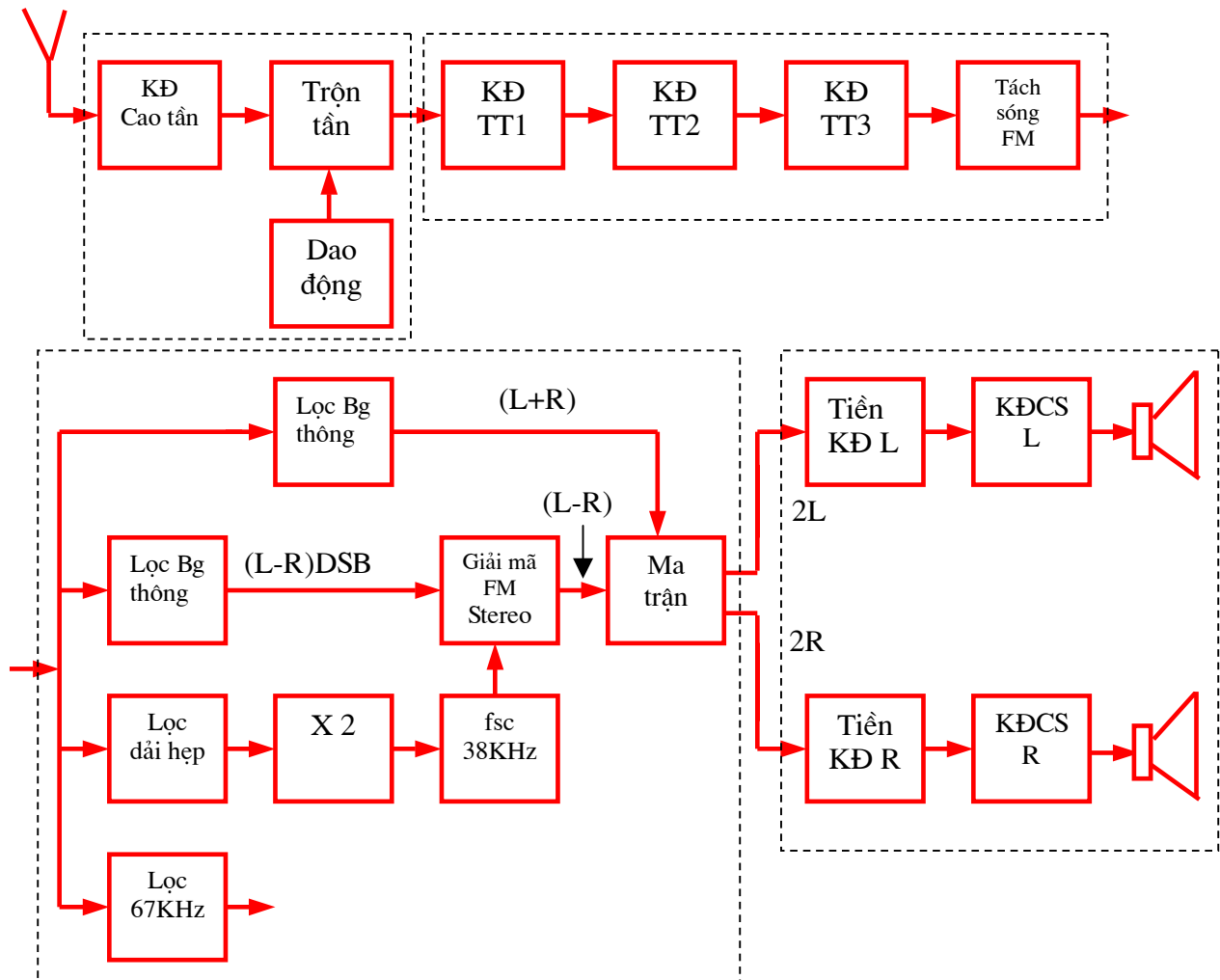
Hình 6.20 Phổ của tín hiệu FM Stereo

6.4.6.3 Sơ đồ khối máy thu FM Stereo

Mạch AFC có nhiệm vụ tạo ra tần số dao động $f_{sc} = 38\text{KHz}$ và kiểm soát cho dao động chạy đúng tần số và pha của đài phát để đưa vào mạch giải mã FM Stereo. Tín

hiệu sóng báo $f_{ps}=19\text{KHz}$ vừa để báo cho máy thu biết được đài đang phát là FM Stereo hay mono và gửi đến máy thu để kiểm soát tần số dao động $f_{sc}=38\text{KHz}$ ở máy thu chạy đúng với tần số và pha của đài phát.

Hoạt động của mạch:



Hình 6.21 Sơ đồ khối máy thu FM Stereo

Tín hiệu FM stereo sẽ được bộ tách sóng FM Mono tách ra từ tín hiệu trung tần.

Đó là tín hiệu FM stereo tổng hợp gồm 4 thành phần: $(L+R)$, $(L-R)DSB$, 19KHz và 67KHz .

+ Tín hiệu FM stereo tổng hợp sau đó qua mạch lọc băng thông có tần số từ 30Hz đến 15KHz để tạo lại tín hiệu $(L+R)$ và đưa vào khối ma trận.

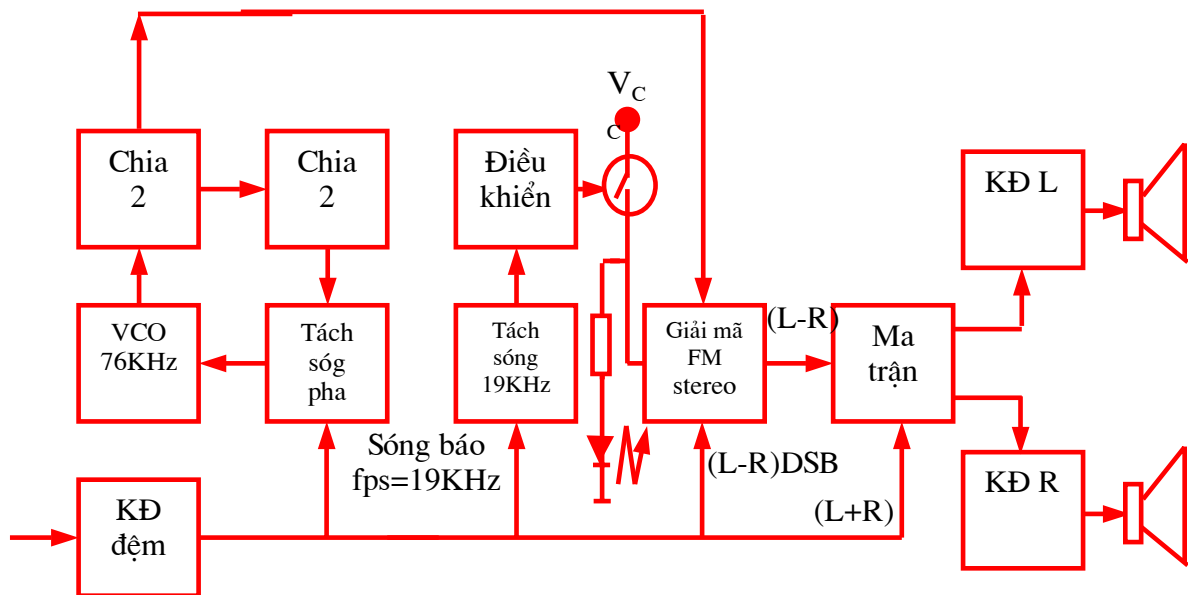
+ Tín hiệu tổng hợp qua mạch khuếch đại bằng thông, thường là mạch cộng hưởng để lấy thành phần (L-R)DSB stereo và đưa vào bộ giải mã FM stereo.

+ Tín hiệu sóng báo $f_{ps}=19\text{KHz}$ cũng được tách ra nhờ bộ tách sóng 19KHz, thường là mạch lọc dải hẹp chỉ cho qua tín hiệu hình sine tần số 19KHz. Sau đó nó được nhân đôi tần số để phục hồi lại sóng mang phụ $f_{sc}=38\text{KHz}$ dựa vào nguyên tắc hoạt động của vòng khoá pha PLL.

+ Ngoài ra tín hiệu sóng báo cũng sẽ điều khiển đèn báo để cho máy thu biết được chương trình đang thu là FM stereo hay mono.

+ Bộ giải mã FM stereo nhận hai tín hiệu (L-R)DSB và sóng mang phụ $f_{sc}=38\text{KHz}$ để tạo ra tín hiệu (L-R) tại đầu ra. Sau đó, đưa vào khối ma trận, kết hợp với tín hiệu (L+R) để tạo ra tín hiệu L và R, qua 2 mạch khuếch đại âm tần và phát ra ở 2 loa riêng rẽ, tạo thành tín hiệu FM stereo.

6.4.6.4 ứng dụng PLL trong việc giải mã FM Stereo



Hình 6.22 Sơ đồ khối mạch giải mã FM Stereo sử dụng PLL

Khoá K để mở và khoá nguồn cung cấp cho mạch giải mã FM Stereo. Trong trường hợp thu chương FM Mono hoặc chương trình FM Stereo nhưng chất lượng kém không đạt yêu cầu thì khoá K sẽ khoá không cho nguồn V_{CC} cung cấp điện áp cho mạch giải mã FM Stereo, hạn chế nhiễu.