

Kiểu dáng TI: TIDA-010027

Thiết kế tham chiếu chuỗi tín hiệu PIR có độ ồn thấp với ít hơn
Cảnh báo sai cho máy dò chuyển động chạy bằng đường dây



Sự mô tả

Thiết kế tham chiếu này trình bày cách thiết kế chuỗi tín hiệu tương tự có độ ồn thấp cho các hệ thống con phát hiện chuyển động dựa trên PIR trong các ứng dụng chạy đường dây dẫn đến phạm vi phát hiện dài hơn. Thiết kế tham chiếu này cung cấp lý thuyết thiết kế, lựa chọn thành phần và mô phỏng mạch cho tiếng ồn, thời gian lắng, độ ổn định và đáp ứng tần số. Các sửa đổi về mạch giúp đáp ứng các mục tiêu thiết kế, chẳng hạn như thời gian ổn định khi bật nguồn nhanh hơn và giảm kích hoạt sai do các nguồn môi trường trong điều kiện trong nhà và ngoài trời, cũng được thảo luận.

Tài nguyên

TIDA-010027
TINA-TI
TLV9064

Thư mục thiết kế
Trình mô phỏng SPICE
Thư mục sản phẩm



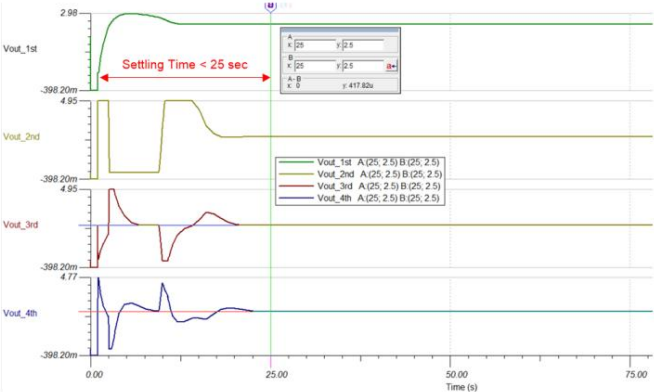
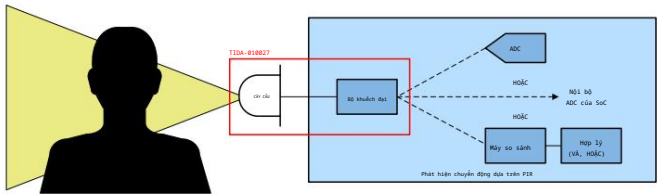
HỘI Chuyên gia E2E™ của chúng tôi

Đặc trưng

- Thời gian giải quyết khi bật nguồn nhanh hơn <25 giây • Giảm kích hoạt sai: Cuộn lần thứ năm ở mức cắt thấp hơn và cuộn lần lượt thứ tự ở mức cắt cao hơn
- Băng thông mạch: 0,3 Hz đến 6,5 Hz
- Liên quan đến tiếng ồn đầu ra <26,4 mV đỉnh-đỉnh • Biên độ pha > 72° cho tất cả các tầng khuếch đại

Các ứng dụng

- Giám sát video:
 - Camera giám sát và an ninh • Hệ thống báo động và an ninh tòa nhà:
 - Chuông cửa có hình, Phát hiện xâm nhập, Trộm Báo thức
- HVAC (Hệ thống sưởi, Thông gió và Không khí Điều kiện):
 - Máy điều nhiệt, Phát hiện người ở, Phòng Màn hình
- Ánh sáng:
 - Kiểm soát ánh sáng cầu thang và hành lang
- Thiết bị: Thiết bị Gia dụng:
 - TV thông minh, tủ lạnh, máy lạnh, Máy bán hàng tự động
- Vệ sinh:
 - Vòi xả toilet tự động



THÔNG BÁO QUAN TRỌNG ở cuối thiết kế tham chiếu TI này đề cập đến việc sử dụng được phép, các vấn đề sở hữu trí tuệ và các tuyên bố từ chối trách nhiệm và thông tin quan trọng khác.

1 Mô tả hệ thống Nhiều hệ

thống tự động hóa trong công nghiệp và tòa nhà sử dụng máy dò chuyển động để điều khiển các chức năng khác nhau dựa trên sự hiện diện của con người nhằm đạt được hiệu quả cao hơn của các chức năng đó bằng cách chỉ BẬT chúng khi cần thiết, chẳng hạn như điều khiển ánh sáng. Camera giám sát với tính năng phát hiện chuyển động dựa trên phân tích video luôn bật ngay cả khi không cần thiết, đòi hỏi khả năng tính toán cao và các thuật toán phức tạp hơn để có thể phát hiện chuyển động trong các tình huống khó khăn như ánh sáng kém, nền động, bóng tối, lộn xộn, không cứng (chuyển động) vật thể hoặc hiện vật nén. Các hệ thống giám sát video như vậy tạo ra một lượng lớn dữ liệu để lưu trữ, giám sát và hiển thị. Việc giám sát lâu dài của con người đối với video đã quay là không thực tế và không hiệu quả. Nhờ công nghệ cảm biến hồng ngoại thụ động (PIR), việc sử dụng công nghệ này cho phép giám sát và ghi lại dựa trên sự kiện, giúp giảm nhu cầu lưu trữ và băng thông của hệ thống giám sát video.

Máy dò chuyển động có thể là một sản phẩm độc lập hoặc một hệ thống phụ trong một thiết bị đầu cuối lớn hơn như camera mạng IP, camera an ninh analog, camera an ninh không dây, bộ điều nhiệt hoặc chuông cửa video. Một số thiết bị cuối được cấp nguồn bằng pin và một số được cấp nguồn bằng đường dây. Những thách thức về thiết kế đối với máy dò chuyển động dựa trên PIR hoạt động bằng pin có thể khác với thách thức trong hệ thống cung cấp đường dây. Đối với thiết bị phát hiện chuyển động hoạt động bằng pin, mục tiêu chính của nhà thiết kế là giảm thiểu dòng điện tĩnh của mạch bằng cách sử dụng các thiết bị năng lượng nano có độ nhạy giảm, tiếng ồn đầu ra cao hơn và phạm vi phát hiện chuyển động giảm, đây là một sự cân bằng hợp lý nhằm tối đa hóa tuổi thọ của pin. Trong khi đó đối với máy dò chuyển động dựa trên PIR trong hệ thống cấp nguồn, mục tiêu chính là đạt được độ nhạy cao, tiếng ồn thấp, tầm xa và phát hiện chuyển động đáng tin cậy trong điều kiện trong nhà cũng như ngoài trời. Do đó, nhà thiết kế sẽ có quyền tự do lựa chọn các bộ khuếch đại có hiệu suất nhiễu 1 / f vượt trội mà không phải lo lắng quá nhiều về dòng điện tĩnh của mạch. Cảm biến hồng ngoại thụ động hoặc hồng ngoại nhiệt điện (PIR) chủ yếu được sử dụng để cảm nhận sự tồn tại của các đối tượng chuyển động trong điều kiện trong nhà. Tuy nhiên, trong điều kiện ngoài trời, thường bùng phát các báo động giả do thay đổi môi trường và các nguồn khác. Do đó, rất khó để cung cấp khả năng phát hiện đáng tin cậy ở ngoài trời. Các cấu hình mạch và thuật toán được cải tiến được yêu cầu để giảm nguy cơ cảnh báo sai và cung cấp tín hiệu kích hoạt đáng tin cậy cho các hệ thống giám sát. Thiết kế tham chiếu đặc biệt hướng đến mạch khuếch đại và mạch lọc để có thời gian giải quyết khi bật nguồn nhanh hơn, giảm kích hoạt sai và phạm vi phát hiện dài hơn. Tuy nhiên, thiết kế tham chiếu này không đề xuất bất kỳ thuật toán phần mềm nào, thảo luận ngắn gọn về một số logic có thể được triển khai trong phần mềm. Bộ dò chuyển động bao gồm cảm biến PIR và mạch để khuếch đại và lọc tín hiệu từ cảm biến. Mạch khuếch đại và mạch lọc có băng thông tương ứng với phạm vi tốc độ của nguồn nhiệt chuyển động trong trường quan sát của cảm biến. Khả năng của mạch phát hiện chuyển động để lọc ra một số nguồn kích hoạt sai trong môi trường được tăng cường bằng cách cung cấp băng tần vượt qua với tốc độ cuộn rất mạnh ở tần số cắt thấp hơn và cao hơn. Được kích hoạt bởi bộ khuếch đại bốn mục đích chung chi phí thấp, tiếng ồn thấp, của Texas Instruments để khuếch đại và mạch lọc, thiết kế tham chiếu này cung cấp cuộn thứ năm ở mức cắt thấp hơn và cuộn ra thứ tự ở mức cắt cao hơn rất nhiều giảm nguy cơ kích hoạt sai từ các tín hiệu dưới ngưỡng cắt.

Hướng dẫn thiết kế này đề cập đến lý thuyết thiết kế và các mô phỏng mạch khác nhau sẽ giúp các nhà thiết kế hệ thống lựa chọn bộ khuếch đại phù hợp và tối ưu hóa mạch để có kết quả mong muốn. Phạm vi của hướng dẫn thiết kế này cung cấp cho các nhà thiết kế hệ thống một bước khởi đầu trong việc tích hợp dòng amply op chi phí thấp, có mục đích chung của TI như TLV900x và TLV906x. Các phần phụ sau đây mô tả các khối khác nhau trong hệ thống TI Design và những đặc điểm nào là quan trọng nhất để triển khai tốt nhất chức năng tương ứng.

Đối với máy dò chuyển động dựa trên PIR chạy bằng pin, hãy tham khảo thiết kế tham khảo - [TIDA-00489](#), [TIDA 00759](#), [TIDA-01069](#), [TIDA-01398](#) và [TIDA-01476](#).

1.1 Thông số kỹ thuật hệ thống chính

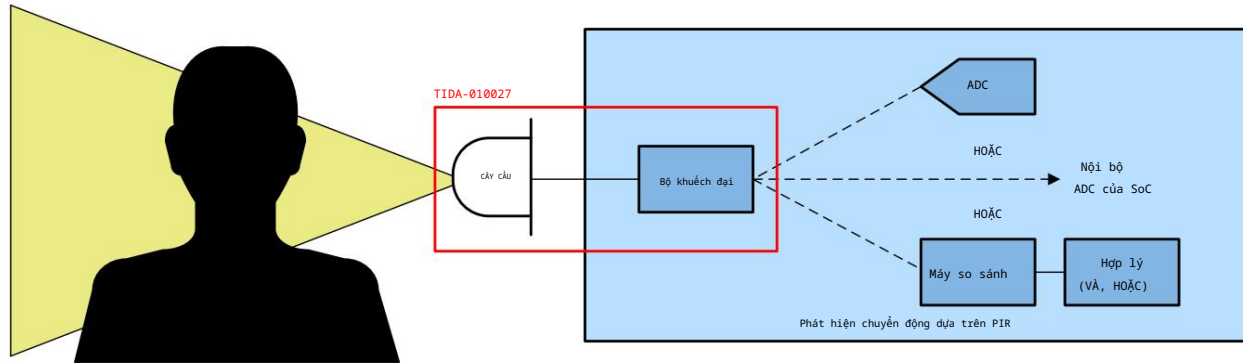
Bảng 1. Thông số kỹ thuật hệ thống chính

THAM SỐ	THÔNG SỐ KỸ THUẬT	THÔNG TIN CHI TIẾT
Điện áp hoạt động	2,5 V đến 5,5 V	Mục 2.3.1
Loại cảm biến	PIR (Nhiệt điện hoặc Hồng ngoại thụ động)	Mục 2.2.2
Thời gian giải quyết mạch bật nguồn	<25 giây	Mục 3.3
Môi trường làm việc	Trong nhà và ngoài trời	
Biên độ pha	> 72° cho tất cả các tầng khuếch đại	Mục 3.4
Tiếng ồn RTO	26,4 mV từ đỉnh đến đỉnh	Mục 3.2
Băng thông hệ thống	0,3 Hz đến 6,5 Hz	Mục 3.1
Khuếch đại, giai đoạn lọc	Bốn	Mục 2.4
Tỷ lệ cuộn lại	Đơn hàng thứ năm thực hiện ở mức giới hạn thấp hơn và thực hiện theo đơn hàng thứ năm ở mức cao hơn cắt	Mục 2.4
Nhiệt độ hoạt động	-40°C đến + 85°C	Mục 2.3.1

2 Tổng quan về hệ thống

2.1 Sơ đồ khối

Hình 1. Sơ đồ khối điển hình của hệ thống con phát hiện chuyển động dựa trên PIR



Bất kỳ mạch phát hiện chuyển động dựa trên PIR nào cũng bao gồm một số phần tử, mỗi phần tử có các chức năng cụ thể.

- Thấu kính Fresnel (Quang học) • Cảm biến PIR
- Bộ khuếch đại và bộ lọc
- Mạch quyết định (bộ so sánh cửa sổ hoặc ADC)

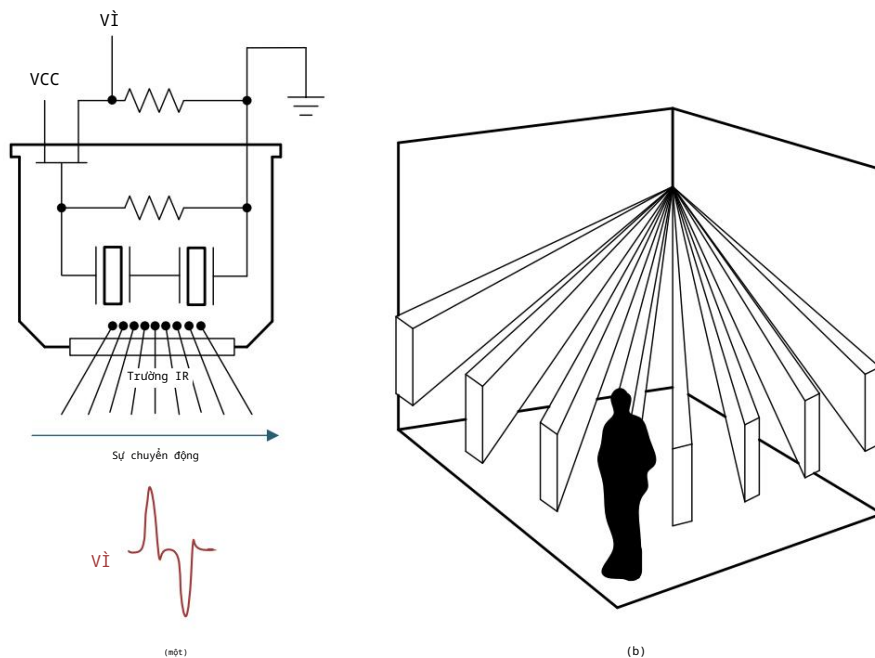
Thấu kính Fresnel phía trước cảm biến PIR giúp mở rộng phạm vi phát hiện trong trường nhìn mong muốn bằng cách tập trung năng lượng IR vào các phần tử cảm biến nhỏ trong cảm biến. Cảm biến PIR phát hiện bức xạ hồng ngoại bằng cách sử dụng đặc tính mà sự phân cực của vật liệu nhiệt điện thay đổi theo nhiệt độ, chẳng hạn như từ chuyển động của con người. Mạch Khuếch đại chủ yếu cần thiết cho hai mục đích: khuếch đại tín hiệu cực yếu từ cảm biến và lọc nhiễu trước khi xử lý tín hiệu kỹ thuật số, tiếp theo là bộ so sánh cửa sổ hoặc bộ ADC (bên trong hoặc bên ngoài MPU) để đưa ra quyết định. Sử dụng bộ so sánh là phương pháp đơn giản nhất để phát hiện chuyển động bằng cách so sánh tín hiệu khuếch đại với điện áp ngưỡng đặt trước trước khi gửi cảnh báo đến I / O của MPU. Các máy dò chuyển động tiên tiến hơn sẽ cần một bộ ADC để nhận ra một quá trình xử lý tín hiệu thông minh để có thể chạy thuật toán phân loại và phát hiện "chữ ký cụ thể" cho các loại chuyển động khác nhau trong miền tần số thời gian, cho phép phát hiện chuyển động hiệu quả và tránh kích hoạt sai. Hình 1 cho thấy một sơ đồ khối điển hình của hệ thống con máy dò chuyển động dựa trên PIR.

2.2 Cân nhắc thiết kế

2.2.1 Ống kính Fresnel

Khi một ống kính không được sử dụng trước cảm biến và thân phát ra tia hồng ngoại gần với cảm biến, khoảng 3 hoặc 4 feet và nó di chuyển qua mặt trước của cảm biến, IR bức xạ sẽ phơi bày một phần tử nhiều hơn phần tử kia và đầu ra điện áp sẽ dẫn đến. Tuy nhiên, khi phần thân phát ra tia hồng ngoại càng xa cảm biến thì mẫu bức xạ của nó sẽ bị mờ và cả hai phần tử được tiếp xúc bình đẳng hơn, dẫn đến không có đầu ra điện áp. Phạm vi phát hiện hạn chế là do thiếu sự tiếp xúc không bình đẳng. Do đó, cần sử dụng một ống kính phía trước cảm biến để mở rộng phạm vi phát hiện bằng cách thu nhiều bức xạ IR hơn và tập trung nó vào các phần tử cảm biến. Sử dụng thấu kính Fresnel, năng lượng hồng ngoại cho vùng quan sát được trải rộng trên tất cả các phần tử cảm biến. Thấu kính Fresnel chia khu vực phát hiện mong muốn thành các phân đoạn. Do đó, càng nhiều phân khúc, càng tốt và kích thước thấu kính Fresnel càng lớn thì càng tốt. Cảm biến được kích hoạt nếu nhiệt độ được phát hiện trong bất kỳ đoạn nào thay đổi. Các phân đoạn / mẫu có thể ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu suất của cảm biến. Do đó, hình dạng và kích thước ống kính xác định góc phát hiện và khu vực quan sát tổng thể. Cuối cùng, việc lựa chọn ống kính sẽ được xác định bởi trường góc xem và phạm vi phát hiện mà ứng dụng yêu cầu.

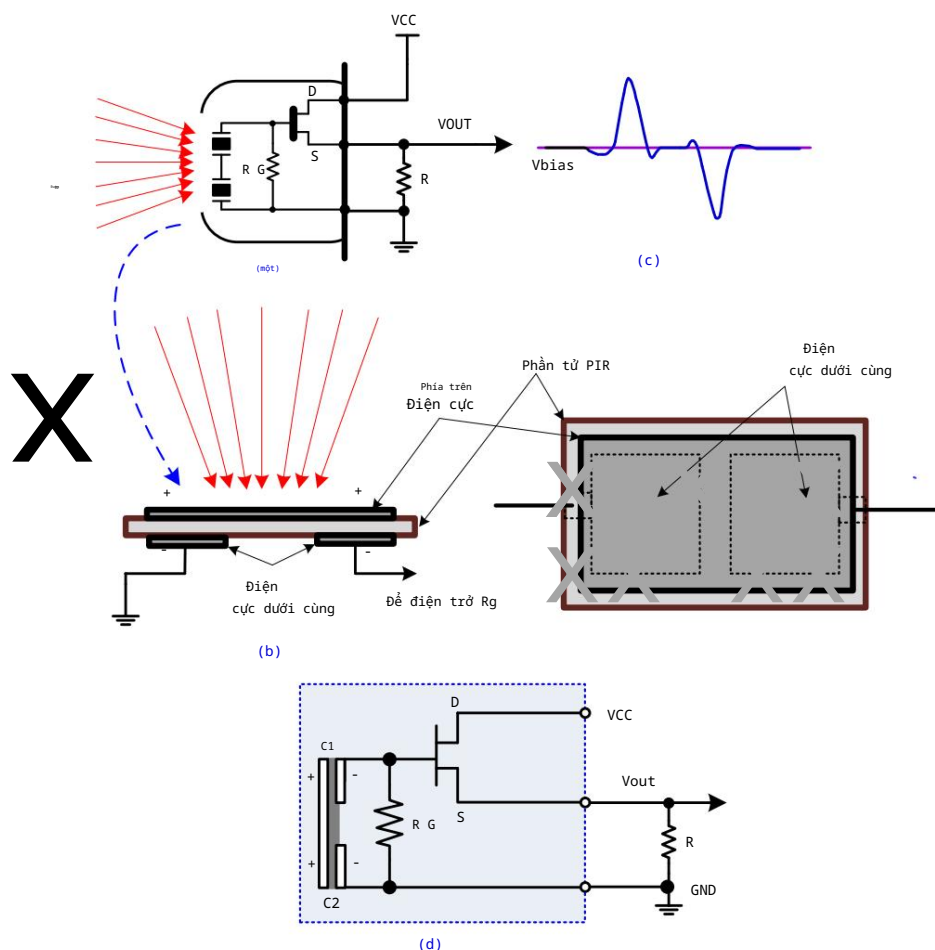
Hình 2. (a) Thấu kính Fresnel, (b) Các mẫu giác quan hình nêm



2.2.2 Cảm biến chuyển động nhiệt điện hoặc hồng ngoại thụ động (PIR)

Vật liệu nhiệt điện được sử dụng trong cảm biến PIR tạo ra điện tích khi có dòng năng lượng nhiệt chạy qua cơ thể của nó. Hiện tượng này thực sự là một hiệu ứng thứ cấp của sự giãn nở nhiệt của vật liệu nhiệt điện, cũng là áp điện. Nhiệt hấp thụ bởi vật liệu làm cho mặt trước của phần tử cảm biến nở ra. Ứng suất nhiệt sinh ra dẫn đến sự hiện diện của điện tích áp điện trên các điện cực của phần tử. Điện tích này hiển thị dưới dạng điện áp trên các điện cực được đặt ở các mặt đối diện của các phần tử. Do đặc tính áp điện của phần tử, nếu cảm biến chịu một ứng suất cơ học nhẹ bởi bất kỳ ngoại lực nào, nó sẽ tạo ra điện tích không thể phân biệt được với điện tích do sóng nhiệt hồng ngoại gây ra. Vì lý do này, các cảm biến PIR được chế tạo đối xứng, như thể hiện trong Hình 3 (b), bằng cách đặt các phần tử giống hệt nhau bên trong gói của cảm biến. Các phần tử được kết nối với mạch điện tử theo cách tạo ra tín hiệu lệch pha khi chịu các đầu vào cùng pha. Do đó, tín hiệu nhiệt giả (hoặc ngoại lực) được áp dụng đồng thời cho cả hai điện cực (cùng pha) sẽ bị hủy bỏ ở đầu vào của mạch, trong khi bức xạ nhiệt biến đổi do chuyển động của nguồn nhiệt được phát hiện sẽ chỉ bị hấp thụ bởi một tại một thời điểm, tránh việc hủy bỏ. Một bóng bán dẫn JFET được sử dụng làm bộ đệm điện áp và cung cấp độ lệch DC ở đầu ra cảm biến như trong Hình 3 (d).

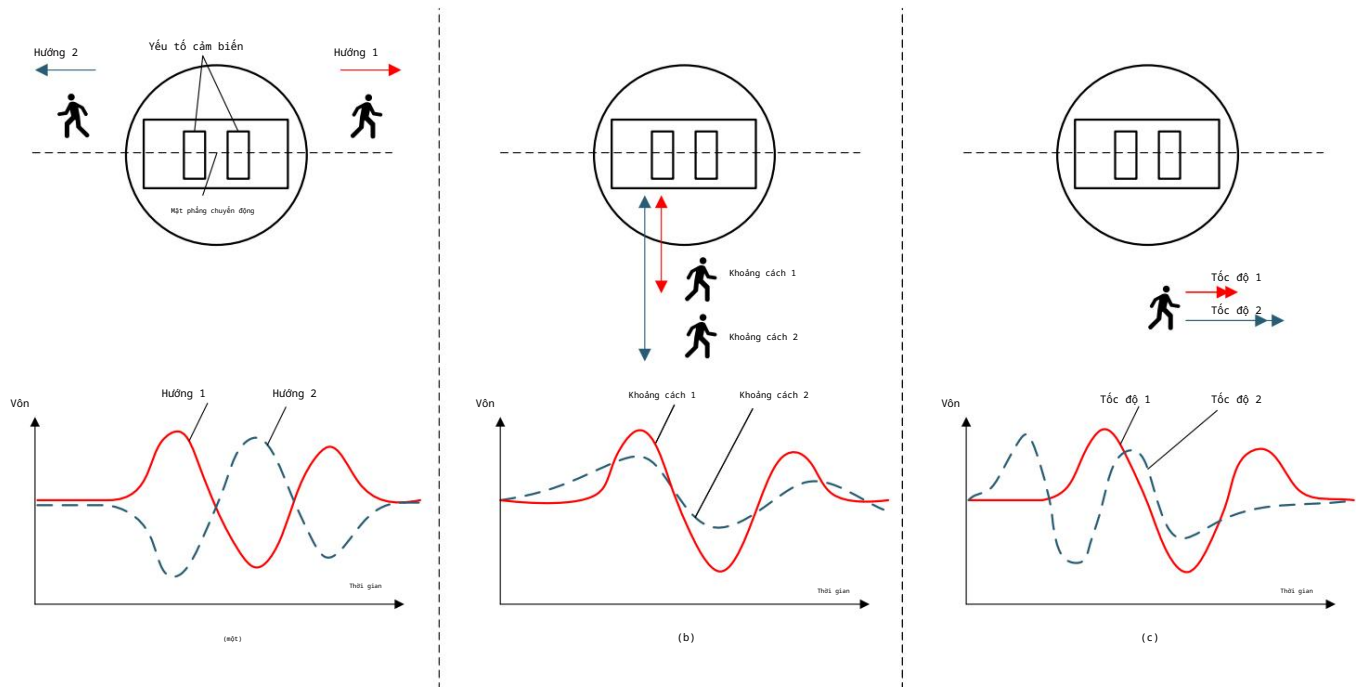
Hình 3. (a) Cảm biến PIR, (b) Đầu dò PIR, (c) Đầu ra của cảm biến PIR khi có chuyển động của nguồn nhiệt trong trường nhìn (FOV), và (d) Biểu diễn mạch của Cảm biến PIR



Biểu diễn mạch của cảm biến PIR

Biên độ của tín hiệu đầu ra từ mỗi cảm biến cho biết sự khác biệt về nhiệt (của tia hồng ngoại) được phát hiện bởi mỗi phần tử cảm biến, phụ thuộc vào tốc độ của mục tiêu chuyển động, khoảng cách của nó với cảm biến, tiêu cự và thiết kế mẫu của hệ thống quang học. Nhiệt độ môi trường cũng đóng một vai trò quan trọng trong việc phát hiện một vật thể chuyển động. Biên độ của đầu ra tương tự từ cảm biến PIR tỷ lệ thuận với sự khác biệt về nhiệt độ của đối tượng và môi trường xung quanh. Hình 1 (c) cho thấy tín hiệu điện áp đầu ra do một đối tượng chuyển động trong trường quan sát của cảm biến. Biên độ của tín hiệu này tỷ lệ với tốc độ và khoảng cách của đối tượng so với cảm biến và nằm trong khoảng từ vài trăm microvolt V_{pp} đến thấp milivolt V_{pp} . Đáp ứng cảm biến tốt nhất đạt được nếu nó được kết nối vật lý trên bảng sao cho các chuyển động nằm trên các phần tử. Pha của tín hiệu đầu ra do cảm biến PIR tạo ra cho biết hướng chuyển động. Khi chuyển động từ trái sang phải, phần tử cảm biến bên trái của cảm biến PIR phần tử kép được kích hoạt đầu tiên. Điều này tạo ra một xung tích cực. Khi đối tượng đi qua phần tử cảm biến bên phải, thì một xung âm được tạo ra. Tương tự, nếu hướng chuyển động là từ phải sang trái, phần tử cảm biến ở bên phải được kích hoạt đầu tiên sẽ tạo ra xung âm, thành công bằng xung dương bởi phần tử bên trái. Do đó, hướng chuyển động có thể được xác định khi quan sát hoạt động của tín hiệu đầu ra của cảm biến.

Hình 4.



Điểm yếu phổ biến nhất của cảm biến PIR là chúng dễ bị phát hiện lẻ tẻ, có nghĩa là kích hoạt sai từ những thay đổi năng lượng hồng ngoại gây ra bởi một cái gì đó không phải là chuyển động của mục tiêu đã định, do nhiễu loạn môi trường chuyển động chậm tạo ra sự mất cân bằng nhiệt cục bộ hoặc vận chuyển của năng lượng hồng ngoại. Các nguồn môi trường phổ biến như vậy có thể là mưa, chu kỳ nắng nhẹ, ánh sáng mặt trời, đèn pha, mây bay qua, nhiệt độ không khí thay đổi nhanh chóng do luồng không khí ấm hoặc lạnh từ cửa sổ đang mở hoặc từ máy điều hòa không khí hoặc máy sưởi và cảm biến được đặt gần nơi khác các nguồn nhiệt thay đổi theo thời gian như lò thông hơi và đèn. Vì vậy, cần phải phát triển một mạch điều hòa cái tiến và các thuật toán xử lý tín hiệu để nâng cao khả năng của mạch phát hiện chuyển động để lọc ra các nguồn kích hoạt sai môi trường như vậy.

2.2.3 Đáp ứng tần số của cảm biến PIR

Đầu ra của cảm biến PIR đáp ứng với một dải tần số nhất định tùy thuộc vào độ dài tiêu cự của hệ thống quang học, kích thước của phần tử cảm biến, khoảng cách của mục tiêu và tốc độ đi bộ như được cho trong Công thức 1. Nội dung tần số thấp được tạo ra bởi các chuyển động ở khoảng cách xa, trong khi tần số cao được tạo ra bởi các chuyển động nhanh gần cảm biến. Nội dung tần số trong đầu ra của cảm biến PIR cần được xem xét tại thời điểm thiết kế mạch điều kiện tín hiệu. Các tần số cắt bộ lọc nên được quyết định dựa trên mức độ nhanh và mức độ chuyển động chậm cần được phát hiện trong một ứng dụng nhất định.

Cảm biến PIR có thể thích ứng với các môi trường khác nhau và phát hiện nhiều hơn chuyển động của con người. Như đã đề cập trước đó, các biến thể trong sự cố năng lượng hồng ngoại trên cảm biến đôi khi bắt nguồn từ các nguồn không mong muốn và có thể gây ra cảnh báo hoặc kích hoạt sai. Một trong những cách đã biết để phân biệt đối với các mục tiêu không mong muốn như vậy là khuếch đại và lọc để xác định bộ lọc thông dải có dải thông tương ứng với phạm vi tốc độ của mục tiêu mong muốn, thường là một người. Khi người đó vượt qua các vùng phát hiện và không gian chết trong hiện trường, tín hiệu thu được từ cảm biến sẽ được đặc trưng bởi một tần số tương ứng với tốc độ của kẻ xâm nhập. Bằng chuyển phải được đặt để vượt qua các tần số tương ứng với một loạt các tốc độ di chuyển của con người trên toàn trường. Do đó, bộ lọc thông dải giúp loại bỏ các chuyển động quá nhanh và chuyển động quá chậm của các cơ quan xâm nhập không mong muốn. Thông thường, bộ lọc thông dải sẽ có ngưỡng dưới khoảng 0,3 đến 0,8 Hz và ngưỡng trên khoảng 5,0 đến 10,0 Hz.

Vì chúng tôi quan tâm đến chuyển động của con người, chuyển động chậm nằm trong khoảng 1 mét / giây và chuyển động nhanh có thể lên đến 10 mét / giây. Ví dụ, với quang học có tiêu cự 25 mm và phần tử cảm biến 1 mm, các tốc độ này sẽ tương ứng với dải tần từ 0,3 Hz đến 6,5 Hz (xấp xỉ).

$$f = \frac{V_b f_{bb}}{2 \pi L_p}$$

ở đây

- f là tần số của tín hiệu đầu ra (tính bằng Hz) •
- V_b là vận tốc hoặc tốc độ di chuyển (tính bằng m / s)
- f_{bb} là tần số cơ bản (tính bằng mm) • s là kích thước của phần tử cảm biến (tính bằng mm) • L là khoảng cách mục tiêu từ cảm biến (tính bằng m)

(1)

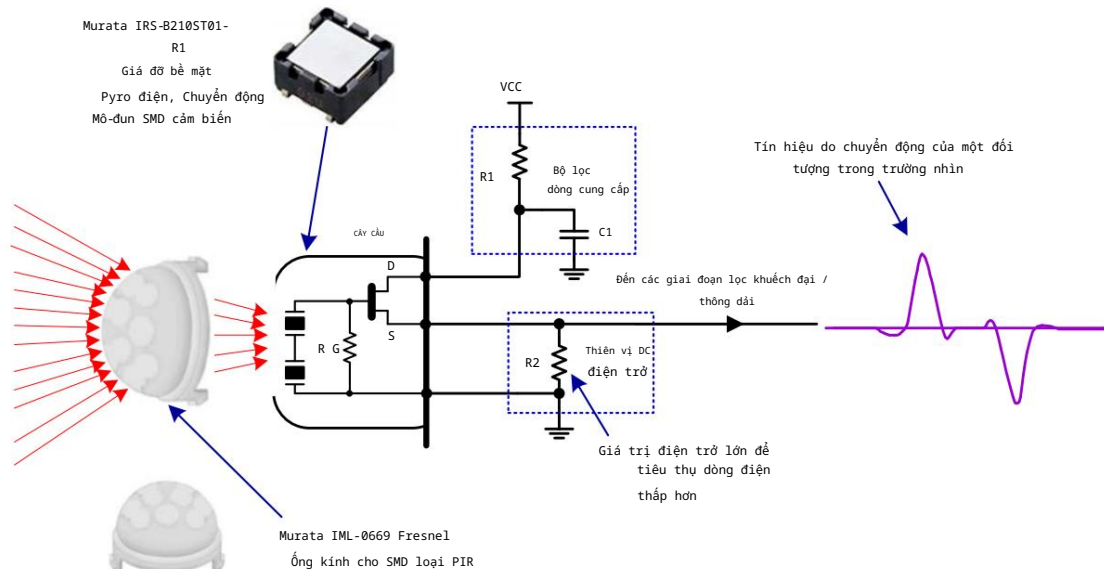
2.2.4 Xu hướng cảm biến PIR

Bộ lọc thông thấp được tạo bởi R_1 và C_1 trên chân cấp nguồn là một thành phần quan trọng vì tỷ lệ loại bỏ nguồn điện (PSRR) của cảm biến PIR là kém (nhỏ hơn 10 dB). Nguồn cung cấp gợn sóng / nhiễu sẽ được coi là một tín hiệu bởi các giai đoạn khuếch đại, có thể dẫn đến kích hoạt sai ở đầu ra. Do đó, một bộ lọc thông thấp nặng giúp hấp thụ mọi biến động của nguồn điện và tăng PSRR của cảm biến PIR. Hầu hết, phạm vi cung cấp cảm biến PIR là từ 2 V đến 15 V.

Giai đoạn đầu ra của mô-đun PIR điển hình là bộ theo nguồn JFET. Dòng điện qua bóng bán dẫn đầu ra JFET của cảm biến PIR được điều khiển bởi một điện trở bên ngoài R_2 . Điện trở (R_2) cũng chuyển đổi dòng điện JFET thành tín hiệu điện áp, tín hiệu này cũng cung cấp phân cực DC cho tầng khuếch đại đầu tiên. Đầu ra của PIR là điện áp một chiều với tín hiệu xoay chiều nhỏ, tỷ lệ với chuyển động của nguồn nhiệt. Điện áp một chiều thay đổi khi nhiệt 'nền' thay đổi, do ánh sáng, độ rung và các yếu tố khác. Hầu hết các nhà sản xuất khuyến nghị giá trị dòng xả cho hoạt động của cảm biến PIR từ 10 μA đến 100 μA . Thông thường, giai đoạn đầu ra của cảm biến PIR bị sai lệch bởi điện trở 47-k Ω nối đất. Một tụ điện được kết nối song song với điện trở bên ngoài (R_2) tạo thành một bộ lọc thông thấp để ngăn chặn nhiễu nhiễu hơn từ cảm biến đến tầng khuếch đại.

Các tín hiệu điện từ trong không khí có thể kích hoạt cảm biến PIR, có thể gây ra cảnh báo giả. Cảm biến PIR của Panasonic có khả năng chịu đựng cao đối với nhiễu hoặc tín hiệu điện từ, ví dụ như đến từ điện thoại di động, bởi vì mạch khuếch đại nhạy cảm và các phần tử lọc đã được tích hợp sẵn. Nguy cơ báo động giả được giảm thiểu khi sử dụng cảm biến PIR của Panasonic so với các PIR thông thường hiện có trên thị trường. Các tín hiệu điện từ trong không khí, Wi-Fi, tần số điện thoại di động hoặc Bluetooth, có thể kích hoạt cảm biến PIR, có thể gây ra cảnh báo giả. Tùy thuộc vào cách bố trí PCB và tần số của nhiễu RF, đầu ra của cảm biến PIR nhận nhiễu hay ít tín hiệu. Bộ theo nguồn trong cảm biến thực hiện giải điều chế, tạo ra tín hiệu đại diện cho đường bao của tín hiệu RF can thiệp vào hệ thống. Khuyến nghị sử dụng cảm biến PIR với bộ lọc tích hợp để có khả năng chống nhiễu / tín hiệu điện từ cao. Điều này sẽ làm giảm nguy cơ báo động giả so với cảm biến PIR thông thường.

Hình 5. Phương pháp xu hướng cảm biến PIR



2.2.5 Hoạt động khuếch đại

Trong thiết kế TI này, cần phải khuếch đại và lọc tín hiệu ở đầu ra của cảm biến PIR để biên độ tín hiệu đi vào các giai đoạn sau trong chuỗi tín hiệu đủ lớn để cung cấp thông tin. Các mức tín hiệu điển hình ở đầu ra của cảm biến PIR nằm trong phạm vi micro-volt đối với chuyển động của các vật thể ở xa minh chứng cho nhu cầu khuếch đại. Chức năng lọc là cần thiết để chủ yếu giới hạn băng thông nhiễu của hệ thống trước khi đến đầu vào của bộ so sánh cửa sổ. Thứ hai, chức năng lọc cũng dùng để đặt giới hạn cho tốc độ tối thiểu và tối đa mà hệ thống phát hiện chuyển động. Một số cân nhắc phải được tính đến đối với thiết kế cụ thể này:

- Bộ khuếch đại op phải có hiệu suất tiếng ồn $1/f$ thấp từ 0,1 Hz đến 10 Hz để điều hòa tín hiệu mạch không làm suy giảm tỷ lệ S / N của cảm biến.
- Bộ khuếch đại op phải có dòng phân cực thấp, cho phép sử dụng điện trở giá trị cao để thiết lập lợi nhuận. Ngoài ra, vì DC bị hủy để phát hiện chuyển động và chỉ tín hiệu AC được khuếch đại, điện áp bù đầu vào không có tầm quan trọng.
- Bộ khuếch đại op phải có đủ sản phẩm băng thông khuếch đại (GBP) vì tín hiệu AC được tạo ra bởi Cảm biến PIR được khuếch đại bởi độ lợi lớn để có được tín hiệu hợp lý để làm việc.
- Bộ khuếch đại op phải có tính năng vận hành đường ray trên đầu ra và ít nhất là đường ray âm nhưng tốt nhất là cả hai đường ray trên đầu vào.
- Bộ khuếch đại op phải có bộ lọc từ chối RFI và EMI tích hợp trên đầu vào và chân cấp nguồn để giảm độ nhạy đối với các tín hiệu RF không mong muốn.
- Bộ khuếch đại op phải ổn định-khuếch đại bởi vì mỗi tầng khuếch đại hoạt động giống như một bộ đệm khuếch đại thống nhất cho đầu vào DC.

2.3 Sản phẩm nổi bật

2.3.1 TLV9064

TLV9061 (đơn), TLV9062 (kép) và TLV9064 (bốn) là điện áp đơn, kép và bốn - điện áp thấp (1,8 V đến 5,5 V) bộ khuếch đại hoạt động (op amps) với khả năng đầu vào và đầu ra xoay đường ray. Đây thiết bị là giải pháp hiệu quả về chi phí cao cho các ứng dụng ở đó hoạt động điện áp thấp, diện tích nhỏ, và ô tải điện dung cao được yêu cầu. Mặc dù ô tải điện dung của TLV906x là 100 pF, trở kháng đầu ra vòng hở điện trở làm cho việc ổn định với tải điện dung cao hơn trở nên đơn giản hơn. Op này amps được thiết kế đặc biệt cho hoạt động điện áp thấp (1,8 V đến 5,5 V) với các thông số kỹ thuật hiệu suất tương tự như các thiết bị OPAx316 và TLVx316.

Đặc trưng

- Đầu vào và đầu ra Rail-to-rail •

Điện áp bù đầu vào thấp: $\pm 0,3 \text{ mV}$ • Bảng

thông khuếch đại thống nhất: 10 MHz •

Tiếng ồn băng rộng thấp: $10 \text{ nV} / \sqrt{\text{Hz}}$ •

Dòng phân cực đầu vào thấp: $0,5 \text{ pA}$ • Dòng

tĩnh thấp: $538 \text{ }\mu\text{A}$ • Ổn định độ lợi thống

nhất • Bộ lọc RFI và EMI bên trong

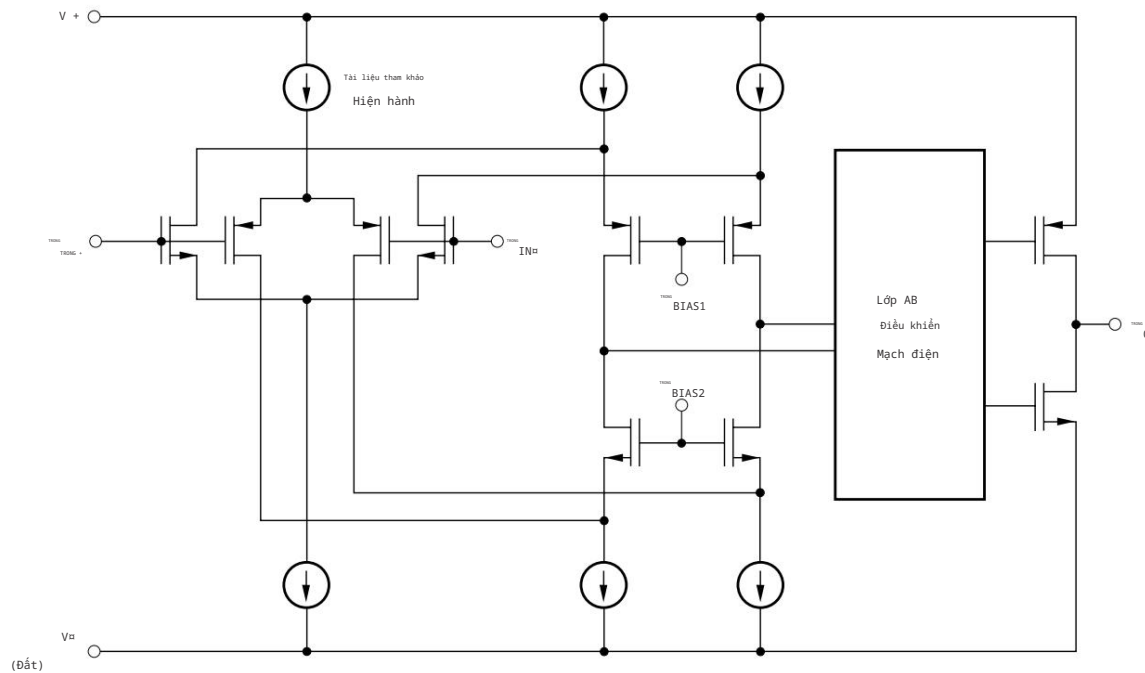
- Hoạt động ở điện áp cung cấp thấp đến $1,8 \text{ V}$ • Dễ dàng

ổn định hơn với tải điện dung cao hơn do trở kháng đầu ra vòng hở điện trở • Phiên bản tắt máy: TLV906xS

- Phạm vi nhiệt độ mở rộng: -40°C đến $+125^\circ \text{C}$

Các ứng dụng

Hình 6. Sơ đồ khối chức năng TLV9064



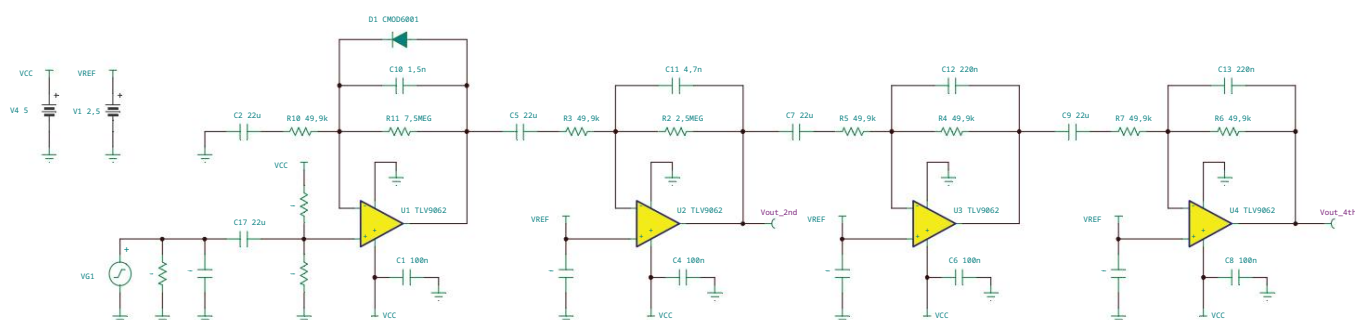
2.4 Lý thuyết thiết kế hệ thống

Khi một cơ thể có nhiệt độ khác với nhiệt độ môi trường di chuyển vào trường phát hiện của cảm biến, cảm biến sẽ phản hồi bằng một tín hiệu AC nhỏ xung quanh điện áp một chiều có thể thay đổi đáng kể từ cảm biến này sang cảm biến khác, do đó bắt buộc phải hủy bỏ DC một phần của tín hiệu và khuếch đại phần AC. Các mức tín hiệu điển hình ở đầu ra của cảm biến PIR nằm trong phạm vi micro-volt đối với chuyển động của các vật thể ở xa, minh chứng cho nhu cầu khuếch đại để có được tín hiệu đủ lớn để cung cấp thông tin hữu ích. Bởi vì tín hiệu bị ảnh hưởng bởi nhiễu từ môi trường, một bộ lọc nhiễu là cần thiết chủ yếu vì hai lý do. Đầu tiên, chức năng lọc là cần thiết để giới hạn băng thông nhiễu của hệ thống trước khi đến đầu vào của bộ so sánh của sổ. Thứ hai, chức năng lọc đặt giới hạn cho tốc độ tối thiểu và tối đa mà hệ thống sẽ phát hiện các chuyển động.

Người ta thường thấy rằng hầu hết các máy dò chuyển động dựa trên PIR sử dụng mạch điều hòa tín hiệu bao gồm hai giai đoạn khuếch đại và lọc vì nó được coi là cung cấp hiệu suất phát hiện chuyển động phù hợp trong môi trường trong nhà mà không cần thêm chi phí và sự phức tạp của nhiều giai đoạn hơn. Tuy nhiên, trong môi trường ngoài trời, việc thực hiện hai giai đoạn không cho thấy hiệu quả cao. Do đó, thiết kế tham chiếu này đề xuất mạch khuếch đại và mạch lọc được cấu hình như bộ lọc thông dải có bốn tầng khuếch đại op-amp. Bộ lọc thông dải hoạt động bậc 4 cung cấp độ dốc lớn hơn đáng kể tại các ranh giới của dải vượt qua. Băng thông dốc hơn giúp từ chối các tín hiệu ngay bên ngoài dải tần số mong muốn, do đó loại bỏ kích hoạt sai từ các chuyển động quá chậm hoặc quá nhanh để tương ứng hợp lý với một người đang di chuyển trong trường quan sát. Đặc biệt ở cấp thấp, bộ lọc thông cao được thực hiện bởi C17 và tương đương song song của R8 và R9 cùng với bộ lọc thông cao của bốn giai đoạn op-amp cung cấp khả năng cuộn tắt bậc năm giúp giảm đáng kể kích hoạt sai bởi các yếu tố môi trường thông thường như dao động nhiệt độ cục bộ và rối loạn nhiệt chuyển động chậm.

Độ lợi tổng thể của mạch khuếch đại điều khiển độ nhạy của cảm biến PIR. Bằng cách thay đổi độ nhạy, có thể điều chỉnh phạm vi trong trường nhìn (FoV) của cảm biến. Cảm biến có thể phát hiện chuyển động ở khoảng cách xa hơn khi tín hiệu đầu ra được khuếch đại với độ lợi cao hơn do biên độ tín hiệu đầu ra tương đối cao hơn. Do đó, độ lợi đóng một vai trò quan trọng trong việc thiết lập phạm vi phát hiện cho cảm biến PIR trong trường nhìn phát hiện (FoV). Tín hiệu AC do cảm biến PIR tạo ra được khuếch đại theo mức tăng 77 dB: 43 dB ở giai đoạn thứ nhất, 34 dB ở giai đoạn thứ hai, 0 dB ở giai đoạn thứ ba và thứ tư. Mức tăng này (77 dB) đã được chọn tùy ý, do đó, có thể khác nhau trong một ứng dụng cuối. Giai đoạn đầu tiên và giai đoạn thứ hai cung cấp tất cả độ lợi cần thiết để khuếch đại tín hiệu PIR.

Hình 7. Mạch điều kiện tín hiệu bậc 4 cho cảm biến PIR



2.4.1 Thiết kế mạch

2.4.1.1 Giai đoạn 1

Với nguồn điện 5 V, đầu ra của cảm biến PIR thiên về 1,0 V DC. Giai đoạn đầu tiên khuếch đại đầu ra cảm biến PIR. Đầu ra của cảm biến PIR là AC được kết hợp với đầu vào không đảo ngược của op amp giai đoạn đầu thông qua tụ điện C17. Sự kết hợp của C17, R8 và R9 cũng tạo thành một bộ lọc thông cao chặn nhiễu tần số thấp từ cảm biến để đi vào các tầng khuếch đại. Các điện trở R8 và R9 cũng đặt điện áp chế độ chung thành $VCC / 2 = 2,5 \text{ V}$. Nhiễu tần số cao được lọc bởi bộ lọc phản hồi R11 và C10, với tần số cắt như được đưa ra bởi Công thức 2:

$$\text{dệt } 1 = \frac{1}{2 R_{11} C_{10} p} = \sim 14,15 \text{ Hz} \quad (2)$$

Tiếng ồn tần số thấp được lọc bởi bộ lọc thông cao R10 và C2, với tần số cắt như cho bởi

Phương trình 3:

$$f_{low1} = \frac{1}{2\pi R10 C2} = \sim 0,145\text{Hz} \quad (3)$$

Vì đầu ra cảm biến PIR là AC được kết hợp với amp op giai đoạn đầu tiên, nên tín hiệu DC của đầu ra cảm biến là bị chặn bởi C17. Điện áp bù đầu vào op-amp không được khuếch đại và hiển thị ở đầu ra của

giai đoạn op amp như là. Mức khuếch đại giai đoạn đầu tiên được thiết lập bởi R11 và R10 như được đưa ra bởi Công thức 4:

$$\left| G1 \right| + \frac{R11}{R1} \left| 1 \right| = \frac{7,5 \text{ MW}}{49,9 \text{ k}_{\text{trung}}} = \sim 151 \text{ V / V} \quad (4)$$

Điện áp chế độ chung ở đầu vào không đảo ngược được đặt thành 2,5 V bởi R8 và R9, để đầu vào có dao động lớn nhất từ 0 V đến VDD. Độ lợi này đảm bảo tín hiệu được khuếch đại sẽ không bão hòa đầu tiên giai đoạn op amp, nhưng đủ lớn để phân biệt tín hiệu được tạo ra từ chuyển động với tiếng ồn xung quanh. Mục đích chính của việc thêm diode D1 trong đường phản hồi là để khởi động nguồn nhanh hơn. Mục 3.3 giải thích việc lựa chọn diode và hoạt động của nó chi tiết hơn. Trên thực tế, sản phẩm tăng băng thông (GBP) phải lớn hơn 21,14 kHz ($f_{\text{max}} \times \text{gain} \times 10 = 14 \times 151 \times 10 = 21,14 \text{ kHz}$). Hệ số 10 có được cân nhắc để có một số ký quỹ và đảm bảo không bị giới hạn bởi GBP, được đảm bảo bởi TLV9064 với GBP 10 MHz.

2.4.1.2 Giai đoạn 2

Giai đoạn 2 tương tự như giai đoạn 1 ngoại trừ được cấu hình như bộ khuếch đại đảo. Nó khuếch đại AC thành phần của tín hiệu từ giai đoạn 1 và loại bỏ thành phần DC. Tiếng ồn tần số cao được lọc bởi bộ lọc phản hồi R2 và C11, với tần số cắt như được đưa ra bởi Công thức 5:

$$f_{dan2} = \frac{1}{2\pi R2 C11} = \sim 13,55 \text{ Hz} \quad (5)$$

Tiếng ồn tần số thấp được lọc bởi bộ lọc thông cao R3 và C5, với tần số cắt như cho bởi

Phương trình 6:

$$f_{low2} = \frac{1}{2\pi R10 C2} = \sim 0,145 \text{ Hz} \quad (6)$$

Độ lợi giai đoạn thứ hai được thiết lập bởi R2 và R3 như được đưa ra bởi Công thức 7:

$$\left| G2 \right| = \frac{R2}{R3} = \frac{2,5 \text{ MW}}{49,9 \text{ k}_{\text{trung}}} = \sim 50\text{V / V} \quad (7)$$

Tương tự như giai đoạn đầu, điện áp bù đầu vào không quan trọng vì chỉ có AC được khuếch đại. Các điện áp chế độ chung ở đầu vào không đảo được đặt thành 2,5 V, để đầu vào có dao động lớn nhất từ 0 V đến VDD. Mạch có yêu cầu GBP là $14 \text{ Hz} \times 50 \times 10 = 7 \text{ kHz}$, được đảm bảo bởi TLV9064 với GBP 10 MHz.

2.4.1.3 Giai đoạn-3 và Giai đoạn-4

Giai đoạn-3 và giai đoạn-4 cũng đã được định cấu hình theo cấu hình đảo ngược với lợi ích hợp nhất để vượt qua Tín hiệu AC được khuếch đại bởi giai đoạn 1 và giai đoạn 2 và loại bỏ các thành phần DC. Mục đích duy nhất của giai đoạn 3 và giai đoạn 4 là làm cho tần số cuộn ra dốc hơn. Tiếng ồn tần số cao được lọc bởi R4 và C12 bộ lọc thông thấp trong giai đoạn 3 và bởi bộ lọc thông thấp R6 và C13 trong giai đoạn 4, với tần số cắt như đã cho bằng phương trình 8:

$$f_{dan3} = \frac{1}{2\pi R4 C12} = \sim 14,5 \text{ Hz}$$

$$f_{dan4} = \frac{1}{2\pi R6 C13} = \sim 14,5 \text{ Hz}$$

(số 8)

Tiếng ồn tần số thấp được lọc bởi bộ lọc thông cao R5 và C7 trong giai đoạn 3 và bởi thông cao R7 và C9 lọc ở giai đoạn 4, với tần số cắt như được đưa ra bởi Công thức 9:

$$f_{\text{low3}} = \frac{1}{2\pi R5 C7} = \sim 0,145 \text{ Hz}$$

$$f_{\text{low4}} = \frac{1}{2\pi R7 C9} = \sim 0,145 \text{ Hz}$$

(9)

Mức tăng của giai đoạn 3 và giai đoạn 4 được đặt lần lượt bởi R4 & R5 và R6 & R7, như được đưa ra bởi [Công thức 10](#):

$$\left| G3 \right| = \left| \frac{R4}{R5} \right| = \left| \frac{49,9 \text{ k}\Omega}{49,9 \text{ k}\Omega} \right| = \sim 1 \text{ V / V}$$

$$\left| G4 \right| = \left| \frac{R6}{R7} \right| = \left| \frac{49,9 \text{ k}\Omega}{49,9 \text{ k}\Omega} \right| = \sim 1 \text{ V / V}$$

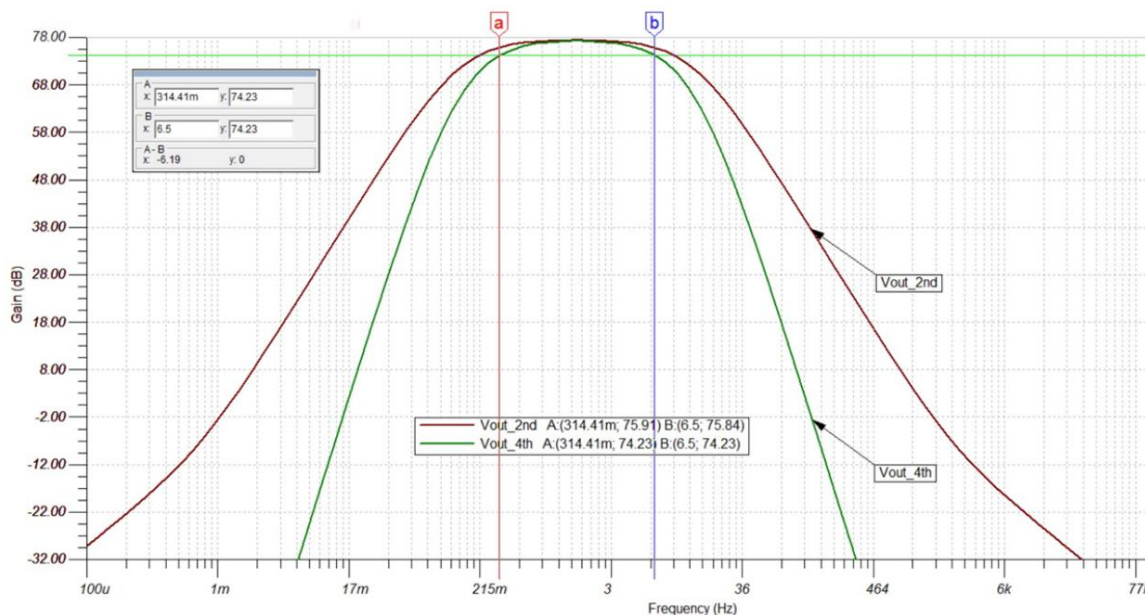
(10)

Tương tự như tất cả các giai đoạn trước, điện áp bù đầu vào của op amps không quan trọng vì chỉ có AC là khuếch đại. Điện áp chế độ chung ở đầu vào không đảo ngược được đặt thành 2,5 V, để đầu vào có dao động lớn nhất từ 0 V đến VDD. Mạch có yêu cầu GBP là $14 \text{ Hz} \times 1 \times 10 = 140 \text{ Hz}$, đó là được đảm bảo thoải mái bởi TLV9064 với GBP 10 MHz.

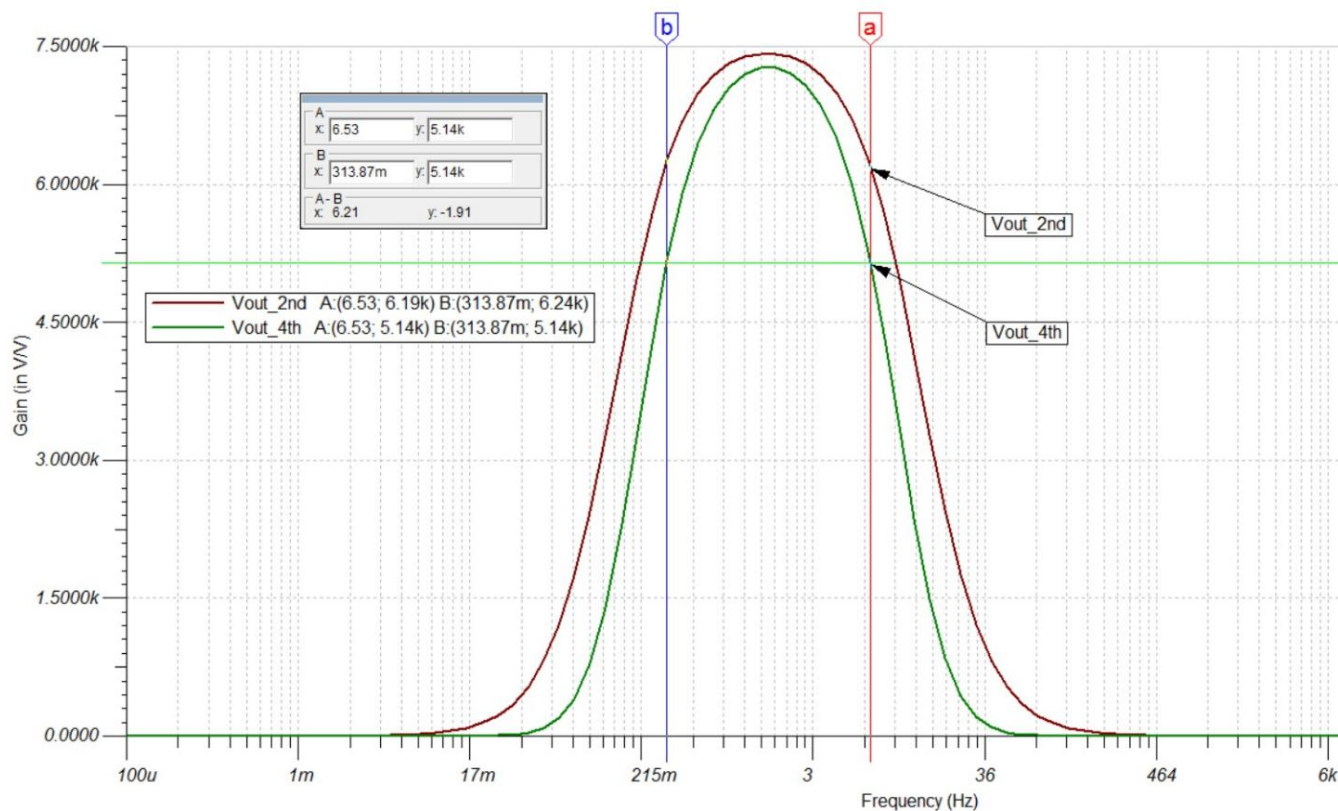
3 Mô phỏng và kết quả

3.1 Đáp ứng tần số

Hình 8. Đáp ứng tần số Giai đoạn kép so với bốn giai đoạn (Thang đo lôgarit)



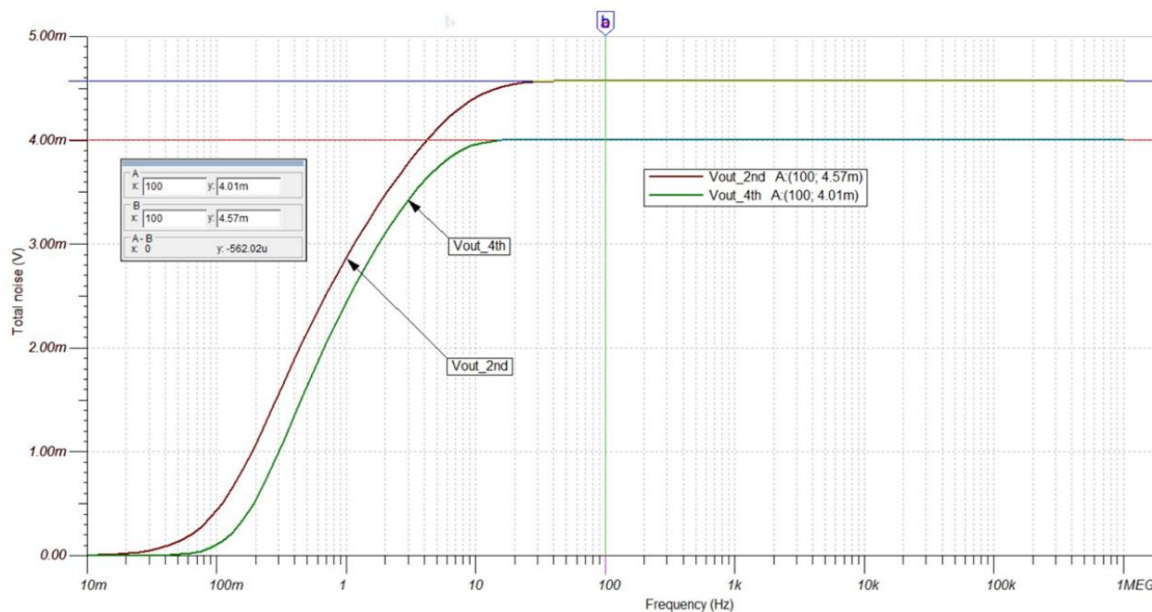
Hình 9. Đáp ứng tần số Giai đoạn kép so với bốn giai đoạn (Thang đo tuyến tính)



3.2 Tiếng ồn

Từ mô phỏng, tổng nhiễu tích hợp của mạch điều hòa tín hiệu trên băng thông hệ thống từ 0,3 Hz đến 6,5 Hz ít hơn ba lần so với nhiễu của cảm biến PIR. Điều đó có nghĩa là thiết kế mạch điều hòa tín hiệu ở đây không làm suy giảm tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu của cảm biến và hỗ trợ duy trì phạm vi phát hiện như được đánh giá bởi thấu kính Fresnel. Tổng tiếng ồn tham chiếu đến đầu ra (RTO) tích hợp cho mạch điều hòa tín hiệu được đề xuất là 4 mV RMS hoặc 26,4 mV từ đỉnh đến đỉnh.

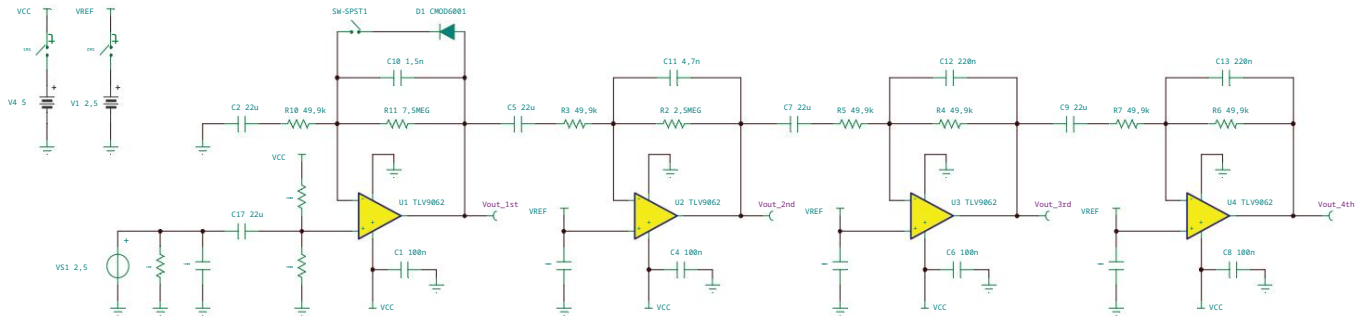
Hình 10. Tiếng ồn tích hợp của mạch điều hòa tín hiệu



3.3 Thời gian giải quyết khi bật nguồn

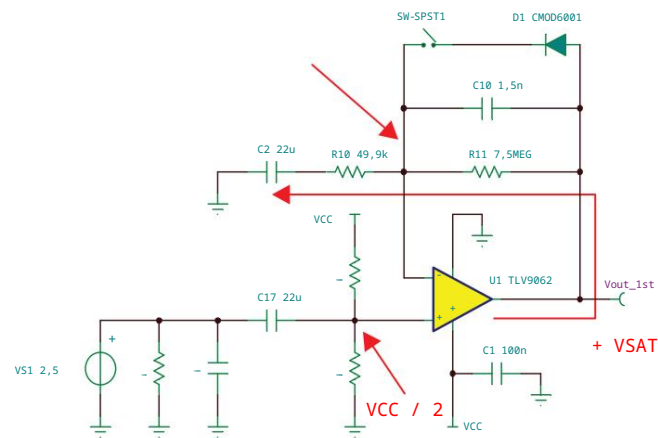
Hình 11 cho thấy giản đồ TINA-TI được sử dụng để mô phỏng chức năng thời gian giải quyết khi bật nguồn của mạch sử dụng bộ khuếch đại TLV9064. Bộ lọc bộ khuếch đại giai đoạn đầu tiên cần nhiều thời gian hơn để lắng xuống so với các giai đoạn khuếch đại và bộ lọc kế tiếp. Điều này là do bộ khuếch đại giai đoạn đầu tiên cung cấp phần lớn độ lợi của hệ thống bằng cách có điện trở giá trị lớn trong đường phản hồi dẫn đến hằng số thời gian RC lớn.

Hình 11. Giải đồ TINA để mô phỏng thời gian ổn định có và không có diode

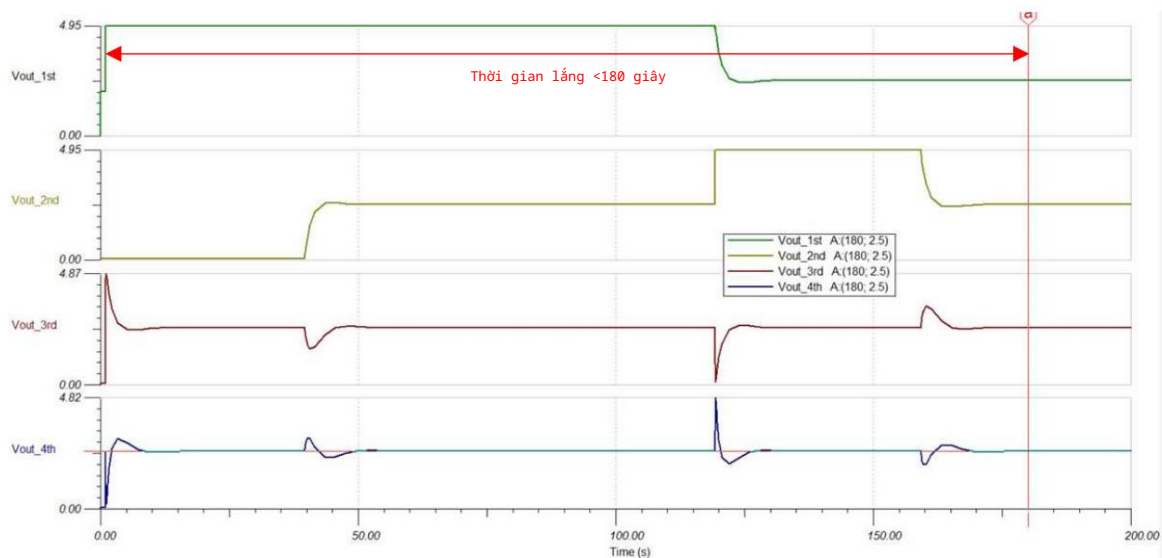


Hình 12. Đường sạc cho C2 không có Diode Điện áp

tại chân đảo ngược không thể tăng lên $VCC / 2$ ngay sau khi bật nguồn do hằng số thời gian lớn của mạch RC. Bộ khuếch đại đi vào trạng thái bão hòa dương.

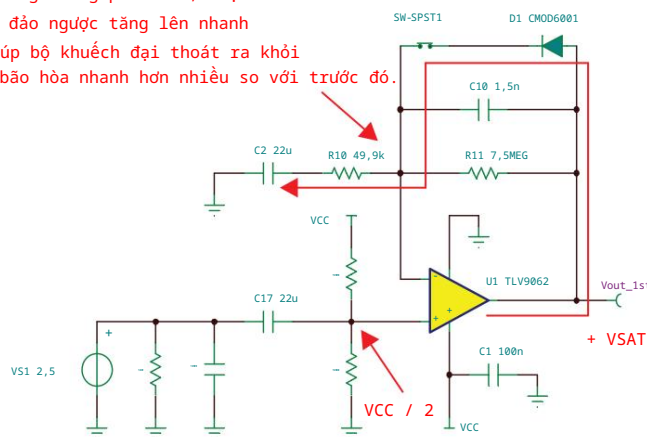


Hình 13. Mô phỏng thời gian giải quyết khi bật nguồn không có diode

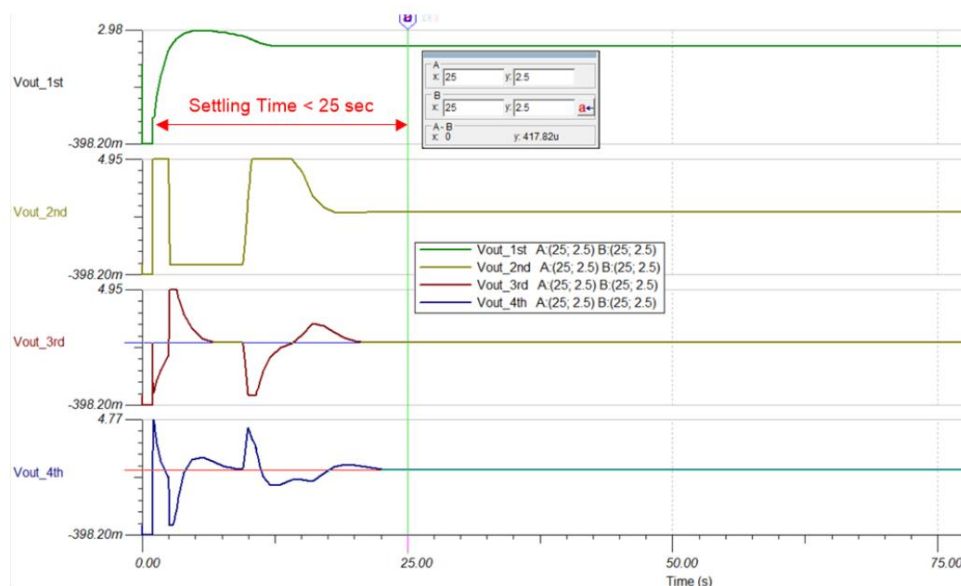


Hình 14. Đường dẫn sạc với Diode trong phản hồi

Với diode trong đường phản hồi, điện áp tại chân đảo ngược tăng lên nhanh chóng và giúp bộ khuếch đại thoát ra khỏi trạng thái bão hòa nhanh hơn nhiều so với trước đó.



Hình 15. Mô phỏng thời gian giải quyết khi bật nguồn với Diode

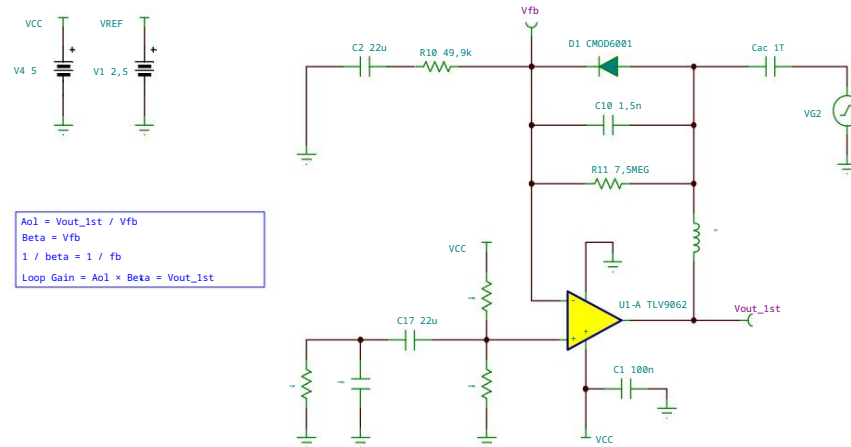


Việc thêm một diode song song với một điện trở phản hồi lớn cung cấp một đường dẫn điện trở thấp để sạc tụ điện 22- μ F (C2), cho phép bộ khuếch đại giai đoạn đầu thoát ra khỏi trạng thái bão hòa nhanh hơn nhiều. Sửa đổi nhỏ này cho thấy một sự cải thiện đáng kể trong thời gian giải quyết khi bật nguồn của mạch khuếch đại và lọc từ 180 giây xuống 25 giây, thậm chí còn nhỏ hơn thời gian lắng tối đa cho hầu hết các cảm biến PIR. Thời gian giải quyết khi bật nguồn nhanh hơn giúp kiểm tra chức năng nhanh hơn sau khi lắp đặt mà không cần đợi lâu để mạch hoạt động. Thời gian giải quyết khi bật nguồn nhanh hơn cũng rất quan trọng đối với các hệ thống mà máy dò chuyển động cũng thường xuyên bị ngắt điện theo chu kỳ.

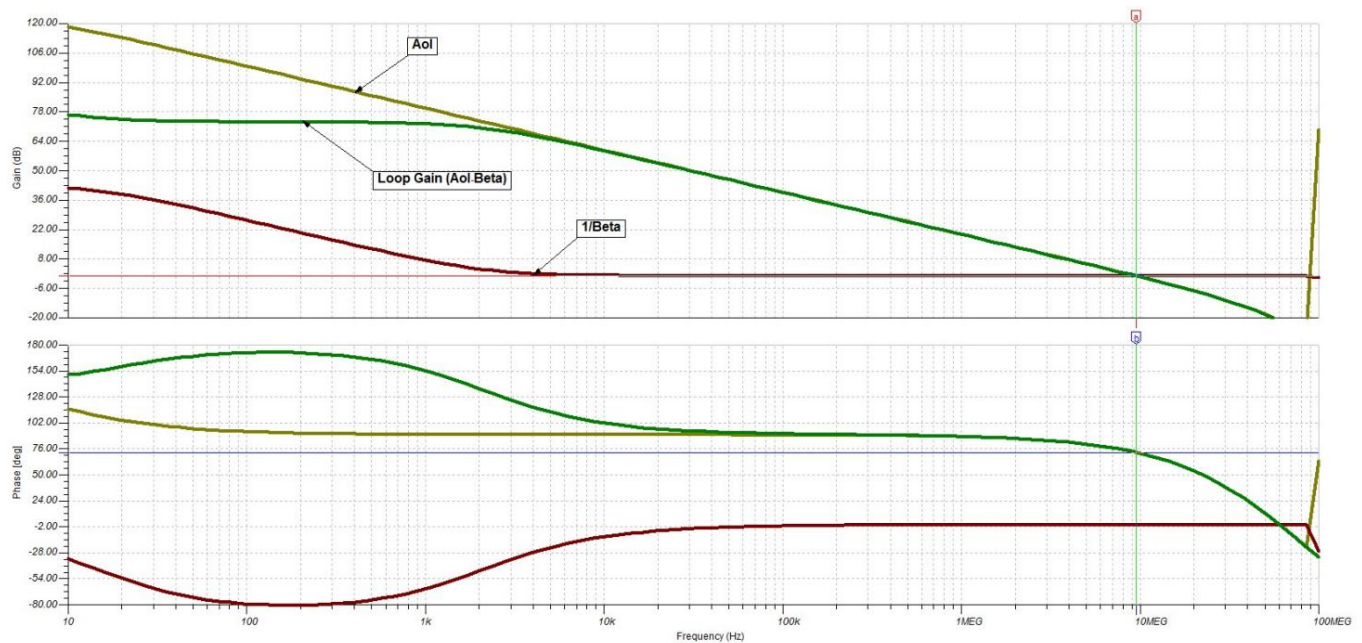
3.4 Tính ổn định

Các thành phần chính của băng ghế thử nghiệm này là L1 và C2 với nguồn xoay chiều VG2. C2 cung cấp một mạch hở tại DC trong đó L1 cung cấp một mạch ngắn để đóng vòng lặp và thiết lập điểm hoạt động DC. Trong điều kiện AC, C2 sẽ là ngắn mạch trong khi L1 sẽ là mạch hở, do đó mở vòng lặp để phân tích độ ổn định. Probe Aol như tên của nó sẽ hiển thị đáp ứng độ lợi vòng mở của amp op, trong khi đầu dò AolB sẽ hiển thị độ lợi vòng lặp của mạch. Tương tự, $Aol / Aol \times Beta$ hiển thị phản hồi của $1 / Beta$ đối với vòng phản hồi.

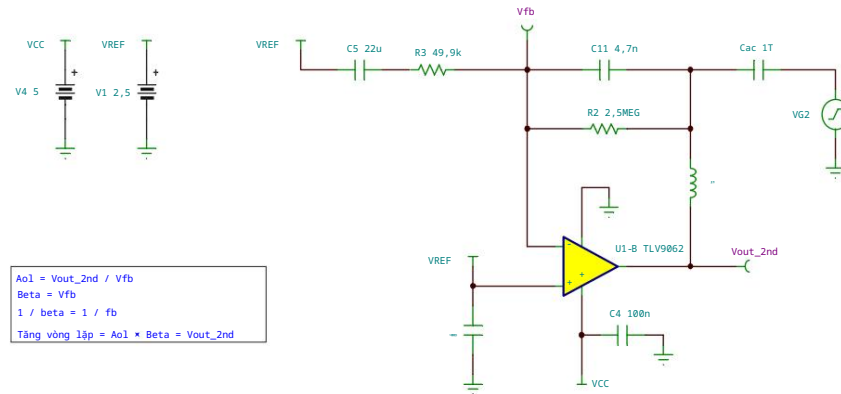
Hình 16. Mạch thử nghiệm để phân tích độ ổn định giai đoạn 1



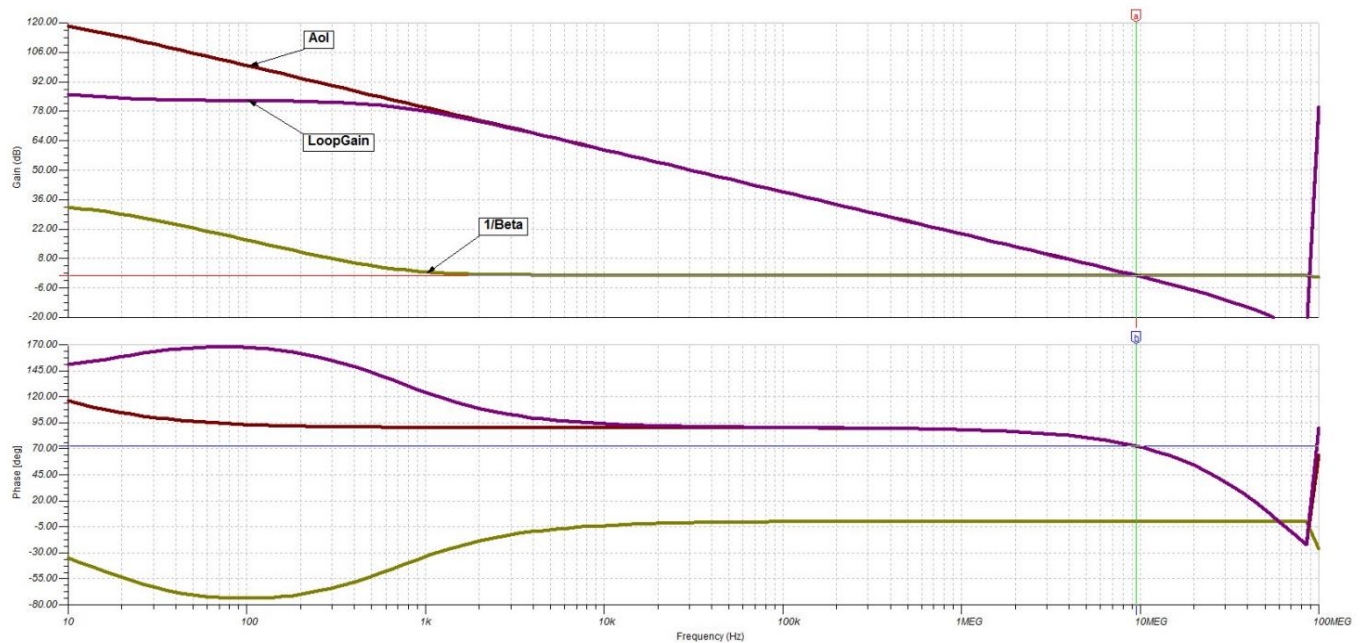
Hình 17. Biểu đồ Bode để phân tích độ ổn định của giai đoạn 1



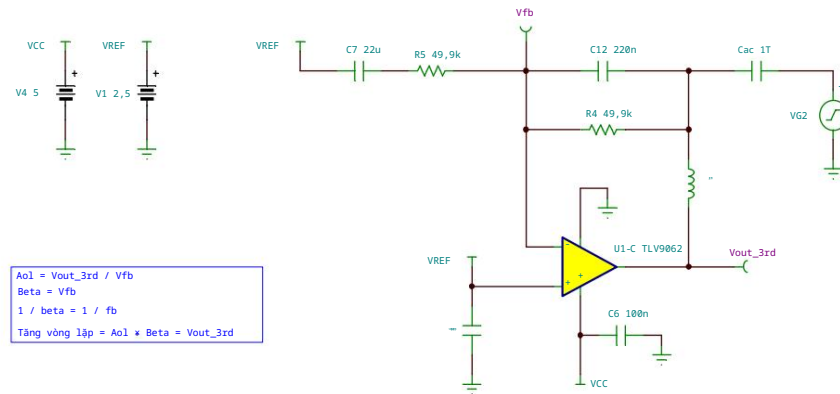
Hình 18. Mạch thử nghiệm để phân tích độ ổn định giai đoạn 2



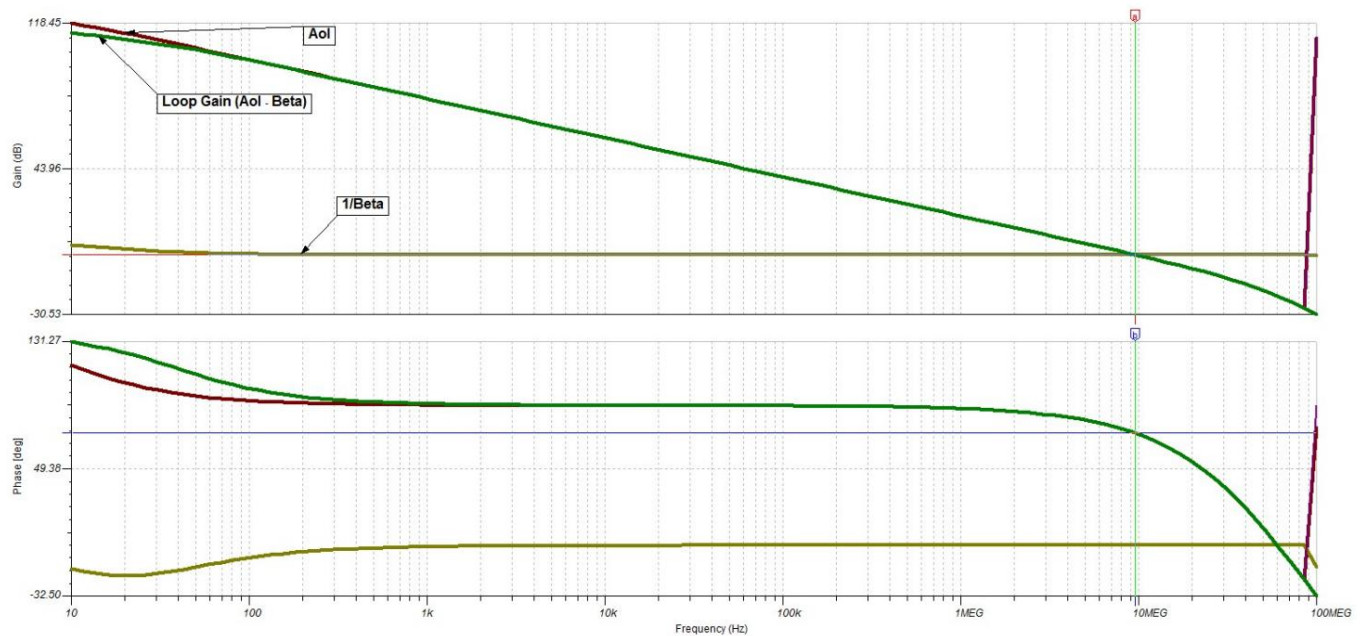
Hình 19. Biểu đồ Bode để phân tích độ ổn định của giai đoạn 2



Hình 20. Mạch thử nghiệm để phân tích độ ổn định giai đoạn 3



Hình 21. Biểu đồ Bode để phân tích độ ổn định của giai đoạn 3



Giai đoạn 4 hoàn toàn giống với giai đoạn 3, do đó, biên độ của giai đoạn cũng được giữ nguyên. Hình 16, Hình 18 và Hình 20 cho thấy đáp ứng tần số ổn định tín hiệu nhỏ của mạch. Như Hình 17, Hình 19 và Hình 21 cho thấy, tất cả các giai đoạn khuếch đại (Giai đoạn-1, Giai đoạn-2, Giai đoạn-3 và Giai đoạn-4) của mạch điều hòa tín hiệu đều ổn định với biên độ pha lớn hơn 72° tương ứng. .

4 Tệp thiết kế

4.1 Tệp tin mô phỏng

Để tải xuống tệp mô phỏng TINA-Ti, hãy xem tệp thiết kế tại [TIDA-010027](#).

4.2 Hóa đơn nguyên vật liệu

Để tải bảng kê nguyên vật liệu (BOM) các bạn xem file thiết kế tại [TIDA-010027](#).

5 Tài liệu liên quan

1. Texas Instruments, [TLV906xS 10-MHz, RRI0](#), Bộ khuếch đại hoạt động CMOS cho Bảng dữ liệu hệ thống nhạy cảm với chi phí
2. Texas Instruments, [TI Precision Labs - Op Amps](#)

5.1 Nhãn hiệu

E2E là thương hiệu của Texas Instruments.

6 Về tác giả

Sharad Yadav là kiến trúc sư hệ thống tại TI Ấn Độ, nơi anh chịu trách nhiệm phát triển các giải pháp thiết kế tham chiếu cho phân khúc công nghiệp. Sharad có mười hai năm kinh nghiệm trong lĩnh vực thiết kế mạch tín hiệu hỗn hợp, kỹ thuật số tốc độ cao, tín hiệu tương tự nhiễu thấp và thiết kế mạch bảo vệ EMI / EMC.

THÔNG BÁO QUAN TRỌNG VÀ TỪ CHỐI TRÁCH NHIỆM

TI CUNG CẤP DỮ LIỆU KỸ THUẬT VÀ ĐỘ TIN CẬY (BAO GỒM DỮ LIỆU), NGUỒN THIẾT KẾ (BAO GỒM CÁC THIẾT KẾ THAM KHẢO), ỨNG DỤNG HOẶC TƯ VẤN THIẾT KẾ KHÁC, CÔNG CỤ WEB, THÔNG TIN AN TOÀN VÀ CÁC NGUỒN LỰC KHÁC “NGUYÊN TẮC” VÀ VỚI TẤT CẢ CÁC YẾU TỐ, VÀ TỪ CHỐI TẤT CẢ CÁC BẢO ĐẢM, RÕ RÀNG VÀ NGỤ Ý, BAO GỒM KHÔNG GIỚI HẠN BẤT KỲ BẢO ĐẢM NGỤ Ý NÀO VỀ KHẢ NĂNG LAO ĐỘNG, PHÙ HỢP VỚI MỤC ĐÍCH CỤ THỂ HOẶC KHÔNG XÂM PHẠM QUYỀN SỞ HỮU TRÍ TUỆ CỦA BÊN THỨ BA.

Những tài nguyên này dành cho các nhà phát triển có kỹ năng thiết kế với các sản phẩm TI. Bạn hoàn toàn chịu trách nhiệm về (1) lựa chọn các sản phẩm TI thích hợp cho ứng dụng của mình, (2) thiết kế, xác thực và thử nghiệm ứng dụng của bạn, và (3) đảm bảo ứng dụng của bạn đáp ứng các tiêu chuẩn hiện hành và bất kỳ yêu cầu nào khác về an toàn, bảo mật hoặc các yêu cầu khác. Các tài nguyên này có thể thay đổi mà không cần báo trước. TI chỉ cấp cho bạn quyền sử dụng các tài nguyên này để phát triển một ứng dụng sử dụng các sản phẩm TI được mô tả trong tài nguyên. Việc sao chép và hiển thị các tài nguyên này bị cấm. Không có giấy phép nào được cấp cho bất kỳ quyền sở hữu trí tuệ TI nào khác hoặc cho bất kỳ quyền sở hữu trí tuệ nào của bên thứ ba. TI từ chối trách nhiệm và bạn sẽ hoàn toàn bồi thường cho TI và các đại diện của TI đối với bất kỳ khiếu nại, thiệt hại, chi phí, tổn thất và trách nhiệm pháp lý nào phát sinh từ việc bạn sử dụng các tài nguyên này.

Các sản phẩm của TI được cung cấp tuân theo Điều khoản Bán hàng của TI (www.ti.com/legal/termsofsale.html) hoặc các điều khoản áp dụng khác có trên ti.com hoặc được cung cấp cùng với các sản phẩm TI như vậy. Việc TI cung cấp các tài nguyên này không mở rộng hoặc thay đổi các bảo hành hiện hành của TI hoặc các tuyên bố từ chối bảo hành đối với các sản phẩm TI.

Địa chỉ gửi thư: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Bản quyền © 2018, Texas Instruments Incorporated