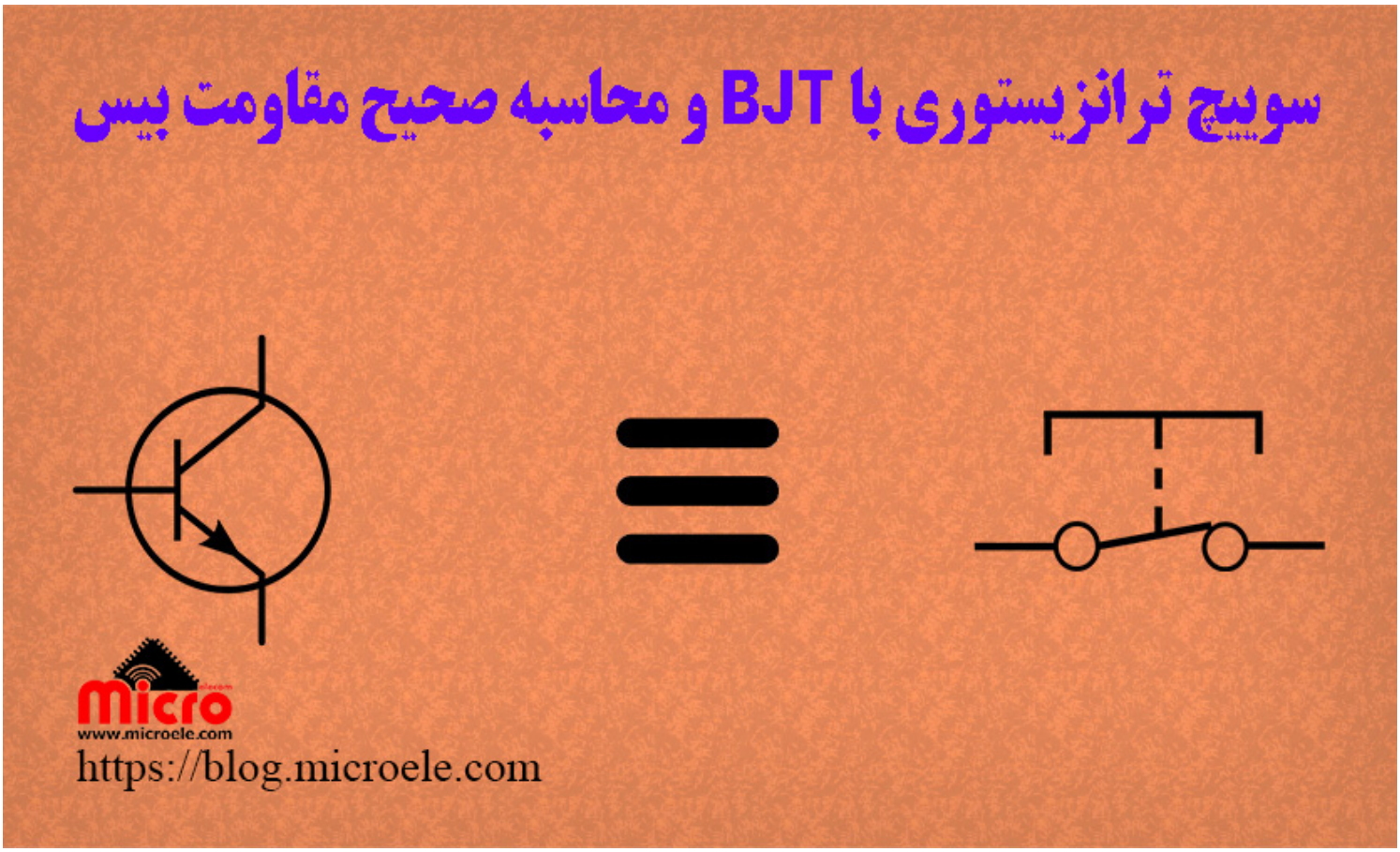
سوییچ ترانزیستوری با BJT و محاسبه صحیح مقاومت بیس



تاریخ انتشار۲۸ مرداد, ۱۴۰۰ توسط سعید جعفری

با سلام خدمت همه دوستان و همراهان گرامی مایکروالکام. در مطالب قبلی استفاده از MOSFET بعنوان سوئیچ ترانزیستوری در مباحث کلید زنی بررسی شد. یک روش دیگر استفاده از ترانزیستور BJT بعنوان سوئیچ ترانزیستوری می‌باشد. در کاربردهایی که از ترانزیستور BJT برای سوییچ بارهایی مانند LED، رله، بازر و... استفاده می‌شود، یکی از نکات مهم طراحی، انتخاب مقدار صحیح مقاومت سری شده با بیس ترانزیستور می باشد. در این مطلب نحوه صحیح و محاسبات برای BJT بعنوان سوئیچ بررسی خواهد شد. پس با من تا انتهای مطلب همراه باشید. همچنین شما میتونید

سایر مطالب من رو از این لینک مطالعه و بررسی کنید.

استفاده از ترانزیستور BJT بعنوان سوییچ

برای درایو کردن رله، راه اندازی بازر، روشن کردن LED و سایر کاربرد های برای جلوگیری از جریان کشی زیاد و لحظه ای از مدار فرمان که عموما میکروکنترلر یا سایر ماژول ها می‌باشد، میتوان از یک BJT استفاده نمود. نکته مهم در طراحی بخش سوئچ و کلید زنی محاسبات ترانزیستور و مقاومت سری شده با پایه بیس می‌باشد.

ممکن است در بعضی مدارات طراحان این مقاومت را بر اساس سعی و خطا و یا مقادیر پیش فرضی که در سایر مدارات استفاده شده تعیین کنند. اما باید به این نکته توجه داشت که مقدار صحیح و بهینه این مقاومت، به طور مستقیم به پارامترهای ترانزیستور مورد استفاده بستگی دارد. بنابراین برای محاسبه این مقاومت، دیتاشیت ترانزیستور مورد استفاده، با دقت مطالعه گردد.

اگر این مقدار به درستی محاسبه شود، مزایای متعددی از جمله تلفات پایین در ترانزیستور، جریان کامل بار و کاهش جریان درایو ترانزیستور توسط میکروکنترلر را خواهیم داشت. در ادامه به نحوه صحیح محاسبه این مقاومت خواهیم پرداخت.

محاسبه مقاومت پایه بیس ترانزیستور BJT برای انجام سوییچ زنی

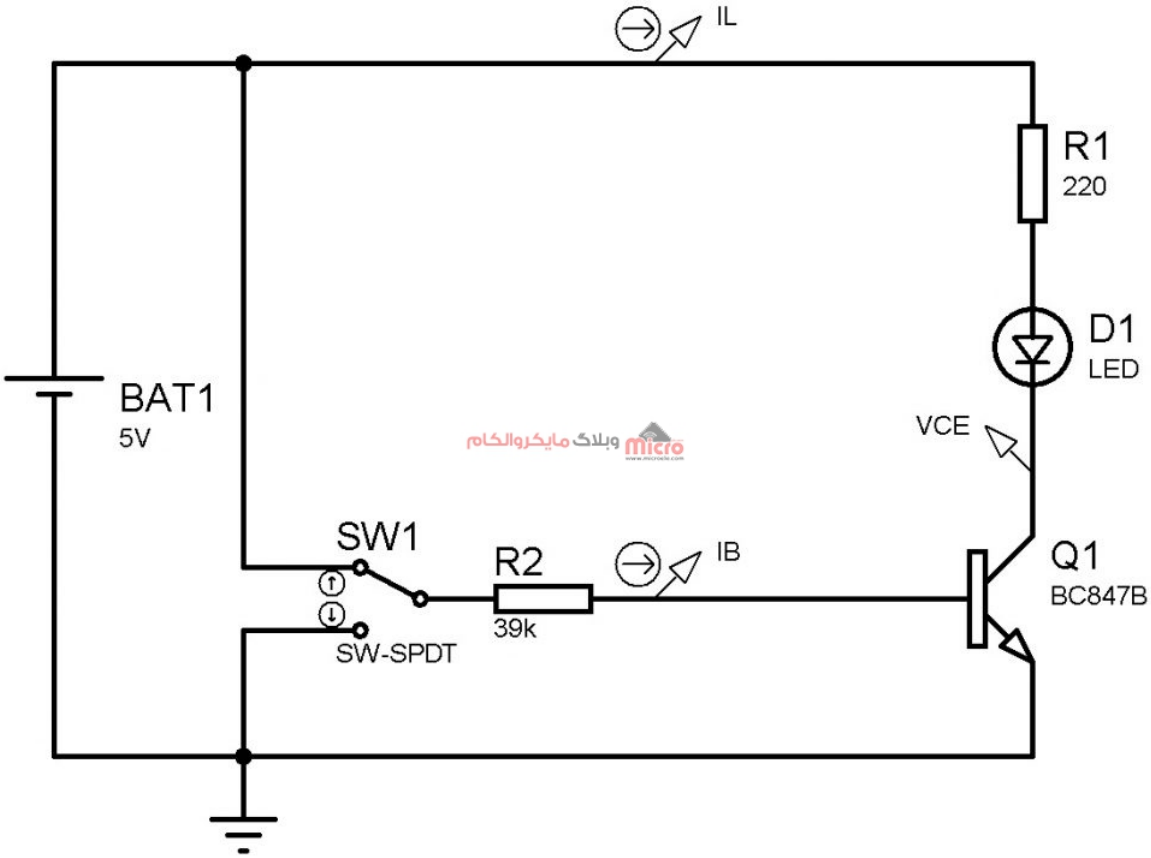
در ترانزیستور های BJT، جریان سوییچ شده در کلکتور ضریبی از جریان بیس است. این ضریب به نام گین، بهره DC یا HFE شناخته می‌شود. برای اینکه در کلکتور ترانزیستور، جریان کافی برای راه اندازی بار برقرار شود، باید جریان متناسب با گین ترانزیستور، در بیس جاری شود. جریان بیس باید به حدی باشد تا شرایط زیر را در مدار ایجاد کند.

- با توجه به گین ترانزیستور، جریان مناسب بار را در کلکتور برقرار نماید.
- ترانزیستور را در حالت اشباع روشن کند.
- جریان اضافی به بیس ترانزیستور وارد نکند.

در صورت انتخاب مقدار خیلی زیاد برای این مقاومت؛ ترانزیستور به طور کامل روشن نشده و علاوه بر اینکه جریان بار را تامین نمی‌کند، به دلیل عملکرد در ناحیه فعال، تلفات گرمایی بالایی خواهد داشت.

همچنین با انتخاب مقدار خیلی کم نیز جریان بیس بیش از حد بالا رفته و باعث آسیب به ترانزیستور و پین فرمان میکروکنترلر می‌گردد.

در شکل زیر، مدار سوییچ BJT برای روشن کردن یک ال ای دی نشان داده شده است.



مدار سوییچ *BJT* برای روشن کردن *LED*

در این مدار، ولتاژ تغذیه 5 ولت و ولتاژ روشن شدن کامل ال ای دی 2.2 ولت در نظر گرفته شده است. اگر ترانزیستور در حالت اشباع روشن شود، طبق دیتاشیت BC847 ولتاژ حدود 0.1 ولت بر روی کلکتور-امیتر افت خواهد کرد.

	h_{FE} group C			420	520	800	
V_{CEsat}	collector-emitter saturation voltage	I_C = 10 mA; I_B = 0.5 mA		-	90	200	mV
		I_C = 100 mA; I_B = 5 mA	[1]	-	200	400	mV

ولتاژ کلکتور امیتر در حالت اشباع ترانزیستور *BJT*

با در نظر گرفتن جریان راه اندازی کامل 10mA برای LED، مقاومت سری شده با LED از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$R1=[VCC-(VLED+VCE)]/10mA$$

$$R1=[5-(2.2+0.1)]/0.01=270\ Ohm$$

جهت انتخاب مقاومت استاندارد، مقدار 220 اهم برای مقاومت سری شده با LED در مدار انتخاب شده است. در این حالت جریان LED حدود 12mA خواهد بود.

محاسبه مقاومت سری پایه بیس ترانزیستور

اکنون برای محاسبه مقاومت سری بیس، ابتدا به دیتاشیت مراجعه کرده و مقدار گین ترانزیستور را مشخص می‌کنیم.

Nexperia — BC847 series

45 V, 100 mA NPN general-purpose transistors

1.4. Quick reference data

Table 2. Quick reference data

T_{amb} = 25 °C unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
V_{CEO}	collector-emitter voltage	open base	-	-	45	V
I_C	collector current		-	-	100	mA
h_{FE}	DC current gain	V_{CE} = 5 V; I_C = 2 mA	110	-	800	
	h_{FE} group A		110	180	220	
	h_{FE} group B		200	290	450	
	h_{FE} group C		420	520	800	

طبق دیتاشیت، نسخه های مختلف این ترانزیستور دارای محدوده گین مختلفی هستند. در اینجا برای اطمینان، پایینترین مقدار گین را یعنی 100 را برای محاسبات در نظر می گیریم.

با مشخص شدن مقدار گین (β)، برای داشتن حداقل جریان 10 میلی آمپر در کلکتور، جریان مورد نیاز بیس از رابطه زیر محاسبه خواهد شد.

$$IB=IC/\beta$$

$$IB=0.01\div100=100uA$$

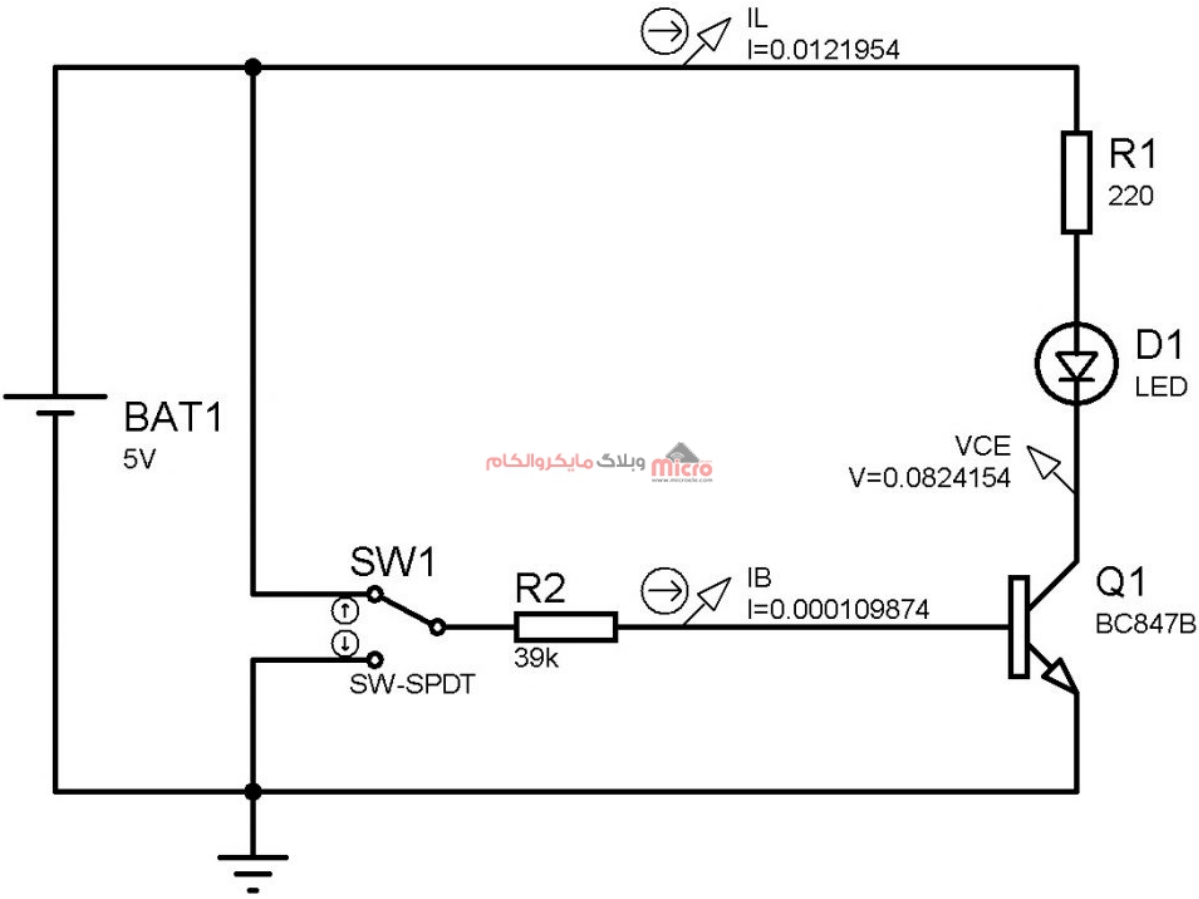
به این ترتیب مقاومت بیس باید برای ایجاد جریان 100 میکرو آمپر با توجه به ولتاژ تغذیه و ولتاژ افت بیس_امیتر محاسبه شود. ولتاژ تغذیه 5 ولت می‌باشد و ولتاژ افت بیس_امیتر بر اساس دیتاشیت مشخص می‌شود.

V_{BE}	base-emitter voltage	V_{CE} = 5 V; I_C = 2 mA	[2]	580	660	700	mV
		V_{CE} = 5 V; I_C = 10 mA		-	-	770	mV

طبق دیتاشیت، ماکزیمم مقدار VBE برابر 0.77 ولت می باشد. بنابراین مقاومت بیس از طریق رابطه زیر محاسبه می شود.

$$RB=(VCC-VBE)\div IB=(5-0.77)\div 0.0001=42.3K\ Ohm$$

این مقدار، حداکثر مقاومت برای تامین شرایط مدار می‌باشد. با انتخاب مقدار کمتر از مقدار محاسبه شده، جریان بیس افزایش یافته و با توجه به عدم افزایش جریان LED به واسطه مقاومت سری آن، ولتاژ VCE ترانزیستور کاهش می‌یابد و این باعث کمتر شدن تلفات گرمایی در ترانزیستور می شود. اما باید توجه داشته باشید که کاهش بیش از حد این مقاومت، جریان اضافه به بیس ترانزیستور تحمیل کرده و می‌تواند به آن آسیب وارد کند. در این جا برای انتخاب مقاومت استاندارد، نزدیکترین مقدار یعنی 39 کیلو اهم انتخاب شده است. در شکل زیر، نتایج شبیه سازی این مدار نشان داده شده است.



نتیجه و شبیه سازی ترانزیستور *BJT* بعنوان سوییچ ترانزیستوری

همانطور که در مدار قابل مشاهده می‌باشد، ترانزیستور در حالت اشباع کامل با VCE کمتر از 0.1 ولت و LED با جریان کامل 12mA روشن شده است. جریان بیس نیز فقط 109uA است که مجموعه این نتایج، نشان دهنده یک سوییچ خوب و مطلوب می‌باشد.

جمع بندی

یکی از نکات مهم در طراحی سوییچ ترانزیستوری با BJT ها، محاسبه و انتخاب مقدار بهینه برای مقاومت سری با پایه بیس می‌باشد. در این مطلب روش اصولی محاسبه و انتخاب مقدار این مقاومت برای برآورده شدن شرایط سوییچ مطلوب با توجه به پارامترهای ترانزیستور از جمله گین، جریان مورد نیاز کلکتور و بیس و ولتاژ های کلکتور-امیتر و

بیس-امیتر، مورد بررسی قرار گرفت.

امیدوارم که این مطلب مورد رضایت شما قرار گرفته باشد. چنانچه در این خصوص سوال، نظر و یا اطلاعات و تجربه ای دارید، آن را از قسمت کامنت ها با ما در میان بگذارید تا در اسرع وقت پاسخ داده شود و از تجربیات و اطلاعات شما هم استفاده شود. همچنین ما را در پیج اینستاگرام مایکروالکام دنبال کنید.