

# RET器件提供一种稳定可靠、经济高效的方式，可以直接从逻辑器件开关和驱动负载

80 V额定器件适合较高的48 V汽车板级电压

 作者: Burkhard Laue, Nexperia应用营销经理

 Reza Behtash, Nexperia应用营销经理

为了满足对更高效率和更高功率的需求，当今的汽车、工业甚至消费应用中的很多电子系统都通过使用MOSFET或宽带隙器件（主要是碳化硅或氮化镓）来实现快速开关。但用户的需求不止于此。每个系统或子系统都有一系列的开关要求，即便是在新的汽车48 V设计中也是如此。对于低频、中压的开关，配电阻晶体管(RET) – 也称为数字晶体管或预偏置晶体管 - 通常是用户的首选。RET提供了一种简单方式，可以直接从逻辑器件开关和驱动负载，它具备诸多优点，包括减小器件尺寸、降低制造成本、提高可靠性和稳健性。本文将讨论Nexperia的RET产品组合的工作原理、结构和设计考虑因素，并探讨面向新兴48 V电动汽车系统的新型80 V器件的适用性。

## 1) RET工作原理

双极性晶体管使用基极电流控制。但是，由于基极-发射极路径两端的压降在很大程度上取决于温度，因而在大多数应用中，需要一个串联电阻将基极电流保持在所需水平，从而确保晶体管稳定安全地工作。为了减少元器件数量，简化电路板设计，RET将一个或两个双极性晶体管与偏置电阻组合在一起，集成在同一个晶片上。由于这些内部电阻的容差高于常用外部电阻，因而RET适合晶体管在打开或关断状态下工作的开关应用。因此，RET通常称为数字晶体管。RET提供很多不同的电压、电流和电阻额定值，分为NPN或PNP配置，采用多种不同的封装，包括SOT23、SOT323和SOT363。

## 2) RET的类型和结构

图1显示了两种常见的RET。在图1a中，两个电阻和一个晶体管与单个NPN晶体管集成在一起。基极串联电阻标记为R1，第二个电阻R2与基极-发射极路径并联，构成了基极分压器电路。基极分压器提供精细的微调 and 更好的关断特性。Nexperia提供的

R1值在2.2 kΩ至47 kΩ之间，R2值在10 kΩ至47 kΩ之间。电阻R2/R1的比率可能是1、2.13、4.55、10和21。图1b显示了双配置版本，包括两个晶体管 and 四个电阻。

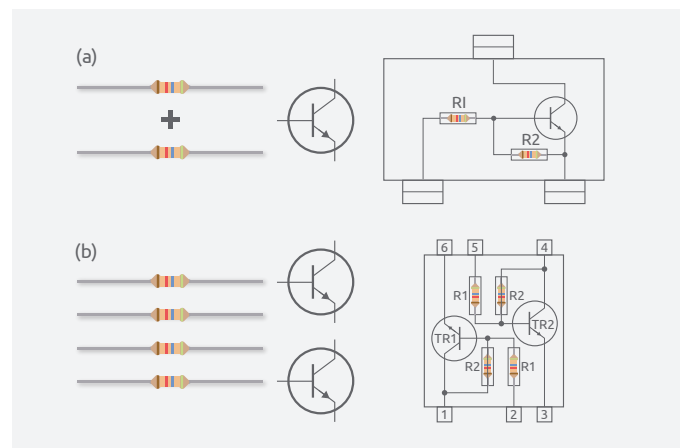


图1: 这是两种常见的RET，第一种包括两个电阻和一个晶体管，与单个NPN晶体管集成，而双配置版本包括两个晶体管 and 四个电阻。

RET结构与我们熟悉的标准BJT非常相似。图2显示了使用标准器件工艺处理步骤创建的电阻“路径”，多晶硅层沉积在晶片上，然后进行回刻蚀、结构化和图案化，从而形成集成电阻层。图3显示了100 mA汽车RET的剖面图。

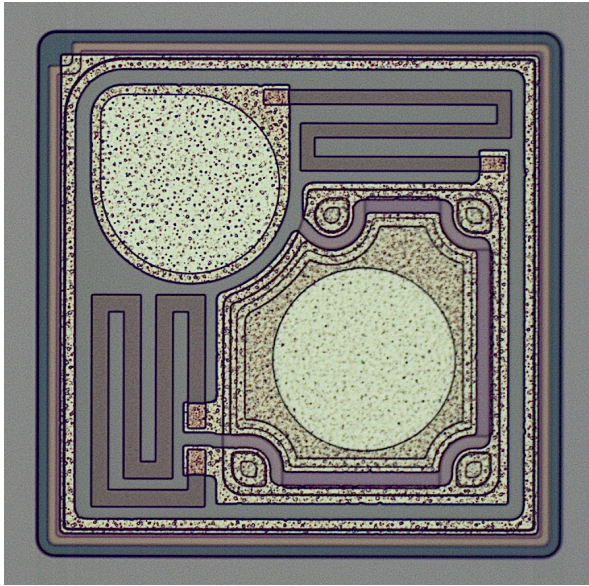
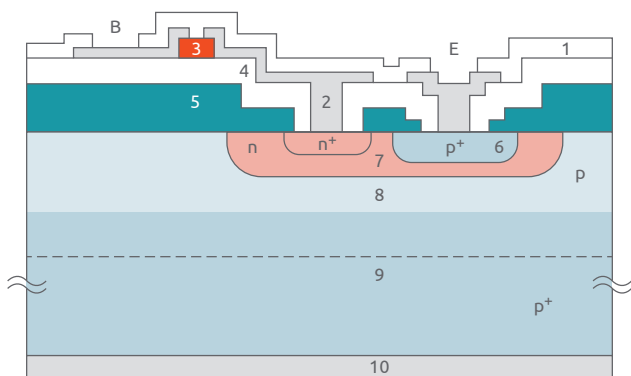


图2: 电阻“梳状结构(meander)”使用标准器件工艺处理步骤创建。



1. 氮化硅钝化层
2. 铝接触金属化
3. 多晶硅层
4. 等离子体氧化
5. 热氧化
6. 掺杂发射区
7. 掺杂基区
8. 外延层(集电极)
9. 掺杂硅衬底
10. 背面金属化

aaa-033227

图3: 100 mA汽车RET的剖面图。

### 3) Nexperia的RET产品组合

Nexperia提供两种类型的RET：所谓基于性能的600 mA 40 V RET；标准器件，分为50 V器件和80 V器件，近期已经更新，主要适用于新的48 V汽车系统。

600 mA RET采用Nexperia公司基于性能的低VC饱和BJT，具有良好的电流放大功能。在很高的集电极电流下，这种增益仍然非常高，这一点非常重要，因为需要的基极电能较少，晶体管更易于导通，即便在高负载电流下也是如此。此外，与标准晶体管相比，开关两端和导通状态下的残余电压较低，因而能够实现更高的能效。另外还可以减小裸片尺寸。

使用时，尽可能减少负载路径晶体管上的发热量非常重要，再强调一次，如果晶体管具有良好的电流放大功能，那将是非常有益的，这样在负载电流范围不会降低性能，还能随着温度变化而改进。例如，图4显示了Nexperia的PBRN113ZT 600 mA, 40 V R1/R2 1 kΩ/10 kΩ NPN 基于性能的RET的性能。

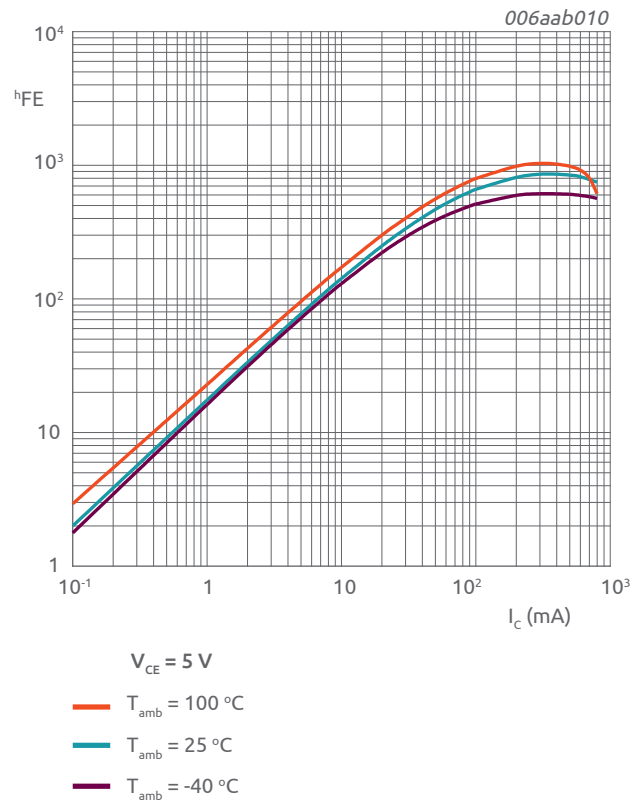


图4: PBRN113ZT 600 mA、40 V R1/R2 1 kΩ/10 kΩ NPN RET的性能。

Nexperia技术的另一大优点是，在电流值高于100 mA的情况下，RET的集成电阻的R1/R2比率的容差严格，容差值为+/-10%，比其他产品精确三倍。这样可以减小输入电压安全裕量。

#### 4) 设计考虑因素

虽然RET具有众多显著优点，但还应该注意一些重要的设计考虑因素。

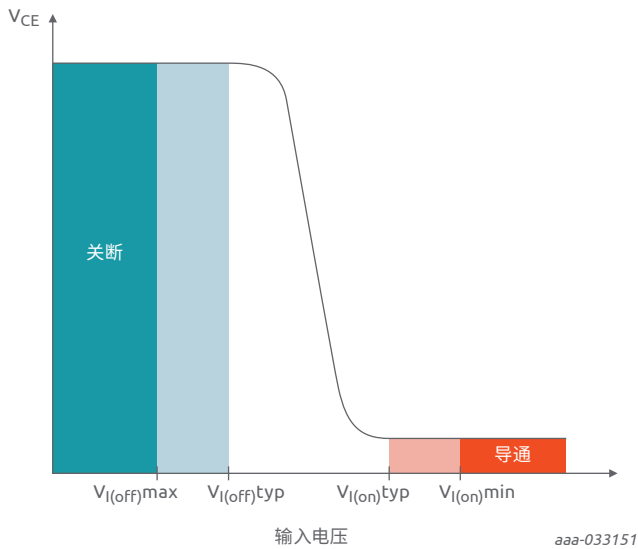


图5: RET的开关特性。

图5显示了RET的开关特性，纵横坐标分别为 $V_{CE}$ 和 $V_i$ 。 $V_{i(off)}$ 是RET关断时的输入电压。关断状态的必需条件是：集电极漏电流必须为100  $\mu A$ ，集电极-发射极电压为5 V。为了安全关断，不得超过 $V_{i(off)max}$ 。确定导通状态时，必须考虑 $V_{i(on)min}$ 。控制RET的电路必须至少提供此电压，才能安全运行。导通状态定义为当集电极-发射极电压为0.3 V时，集电极电流为10 mA。数据手册上的 $V_i$ 额定值仅对定义的测试条件有效。如果需要切换更大的集电极电流，则RET需要更高的基极驱动电压 $V_{i(on)}$ 。

$V_i < V_{i(off)max}$  - 对于所有出厂的器件，RET处于关断状态。

$V_i < V_{i(off)typ}$  - 典型RET处于关断状态

$V_i > V_{i(on)typ}$  - 典型RET处于导通状态

$V_i > V_{i(on)min}$  - 对于所有出厂的器件，RET处于导通状态。

还要考虑不同温度范围内的同一个图表，这一点非常重要。随着温度升高，BJT开关变得更加有效，因而如果温度升高，它们将安全地保持导通状态。例如，它适合炎热气候条件下的自动驾驶汽车应用；但是，如果汽车需要在寒冷的气候条件下工作，则必须非常小心地确保BJT保持导通状态，因为在低温下，BJT增益降低，BJT电流增益降低，压降 $V_{BE}$ 增加，因而需要更高的开启电压。

表1显示了导通和关断状态输入电压对Nexperia NHDTC系列RET中的电阻分压器配置的依赖性。

R1/R2	$V_{i(on)min}$	$V_{i(on)typ}$	$V_{i(off)typ}$	$V_{i(off)max}$	RET类型
10k/10k	2.5	1.8	1.15	0.8	NHDTC114ET
22k/22k	3	2.3	1.15	0.8	NHDTC124ET
47k/47k	5	3.3	1.15	0.8	NHDTC144ET
2.2k/47k	1.2	0.81	0.595	0.5	NHDTC123JT
4.7/47k	1.4	0.95	0.625	0.5	NHDTC114YT
10k/47k	1.6	1.22	0.690	0.5	NHDTC143ZT

表1: 导通和关断状态输入电压对电阻分压器配置的依赖性。

要选择合适的电阻分压器，必须确保RET的控制电压范围与驱动级匹配，这一点也非常重要。

#### 5) 应用

RET性能稳定可靠，可用于众多汽车和工业应用。正如上文所述，它们提供了一种简单的方法，可以直接从逻辑器件开关和驱动负载。图6显示了一些电路示例。在配置1中，NPN RET作为低边开关，实现阻性负载（即LED）或感性负载，可直接连接到要开关的电池。有一点必须注意，逻辑器件（例如微控制器）的电压摆幅足以开关RET。在配置2中，NPN RET用作控制路径上的高边开关，并通过逻辑输入（例如微控制器）直接开关负载来驱动PNP RET。Nexperia的标准50 V RET广泛用于很多汽车应用。一种典型应用是从低压进行转换，例如从微控制器的3-3.3 V电压转换为12 V的电池电压。

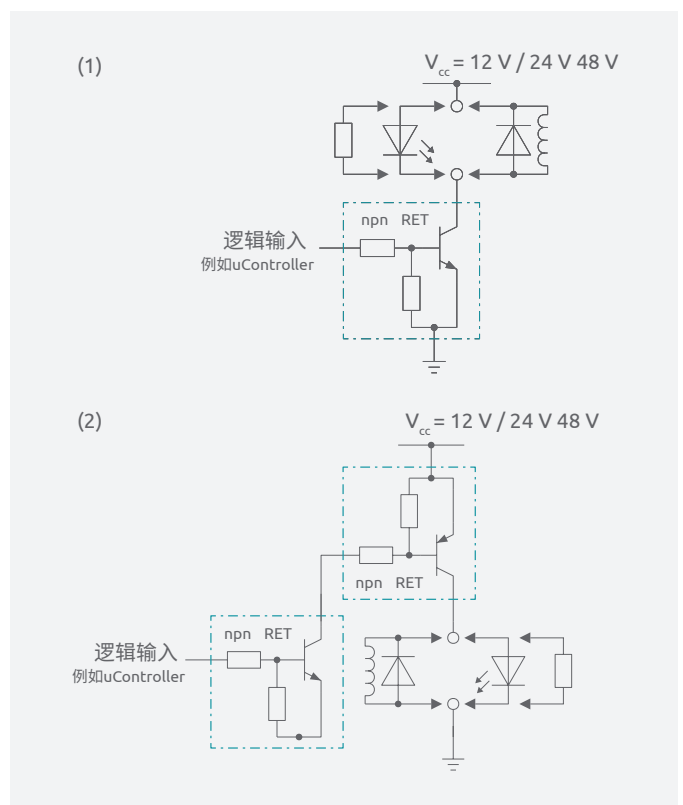


图6: 使用RET的两个电路示例：低边开关 (1)，高边开关 (2)

## 6) 新型的80 V汽车RET

在传统的活塞驱动汽车中，电池电压可能是12 V，卡车中的电池电压可能达到24 V或25 V，而在弱混汽车中，电池电压则可能高达48 V。在电动汽车中，由于系统的电压升高至48 V，因而需要40 V或50 V RET来提供更多裕量。为了满足这种需求，Nexperia推出了80 V RET，目的是在更高电压的系统上，提供开关负载必需的安全裕量。

另外还有一个动因。汽车客户现在要求器件达到脉冲测试要求，符合ISO 7637-2:2011标准，该标准定义了电源总线耐受瞬态的稳健性。按照电动汽车行业主要一级供应商的要求，Nexperia的80 V RET经过了测试，能够在基极-发射极结点耐受20 V电压。无论是对于卡车和货车中的24 V系统，还是48 V汽车系统，这一点都至关重要。

## 7) 结论

Nexperia生产数百万件的RET，在汽车和其他众多应用中提供安全、可靠、高效的开关。该公司经过AEC-Q101认证的新型80 V RET系列产品提供出色的性能、稳健性和效率，可在48 V系统电压的电动交通应用中安全运行。随着市场向自动驾驶汽车迁移，将有更多应用需要可靠的开关系统。80 V RET提供了解决方案。

要查找更多信息，请访问

[www.nexperia.com/rest](http://www.nexperia.com/rest)

### 关于Nexperia

Nexperia是大批量生产基础半导体器件的专家，其产品广泛应用于全球各类电子设计。该公司的产品组合包括二极管、双极性晶体管、ESD保护器件、MOSFET器件、氮化镓场效应晶体管(GaN FET)以及模拟IC和逻辑IC。Nexperia的总部位于荷兰奈梅亨，每年交付1000多亿件产品，产品符合汽车行业标准。其产品在效率（如工艺、尺寸、功率及性能）方面获得行业广泛认可，拥有先进的小尺寸封装技术，可有效节省功耗及空间。Nexperia拥有超过12,000名员工，分布在亚洲、欧洲和美国。

在[此处](#)查找您的地区销售办事处

### © 2021 Nexperia B.V.

保留所有权利。未经版权所有者优先书面同意，禁止复制本文全部或部分内容。本文档中所提供的信息不构成任何报价或合同的一部分，且被认为是准确可靠的，如有变更，恕不另行通知。对于使用本文档所产生的任何后果，出版方概不承担任何责任。出版内容既不传达也不暗示专利或者其他工业或知识产权下的任何许可。

[nexperia.com](http://nexperia.com)

### 发布日期:

2021年8月

