

# Дисплеи и индикация във вградените системи



**Автор: гл. ас. д-р инж. Любомир Богданов**



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

***„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”***

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз

***Инвестира във вашето бъдеще!***



# Съдържание

1. Управление на LED индикатори
2. Управление на LCD дисплеи
3. Управление на OLED дисплеи
4. Бутони и клавиатури
5. Тъч сензори
6. Ротационни енкодери

# Управление на LED индикатори

Светодиодната индикация (Light Emitting Diode, LED) може да се раздели на:

- \*индикация с един светодиода
- \*индикация със 7-сегментни индикатори
- \*индикация с буквено-цифрови индикатори
- \*индикация със светодиодни матрица

В зависимост от това дали в даден момент се управляват всички сегменти/пиксели, се казва, че индикацията е [1]:

- \*статична
- \*динамична

# Управление на LED индикатори

От курса ППЕ е известно, че светодиодите имат пад на **напрежение в права посока  $V_F$** , зависещ от цвета на светодиода.

Типични стойности за дифузни LED са:

	$V_{Fmin}, V$	$V_{Fmax}, V$
<b>Червен</b>	1.8	2.2
<b>Зелен</b>	2	2.3
<b>Жълт</b>	2.2	2.8
<b>Бял</b>	3.2	3.4
<b>Син</b>	3.2	3.4

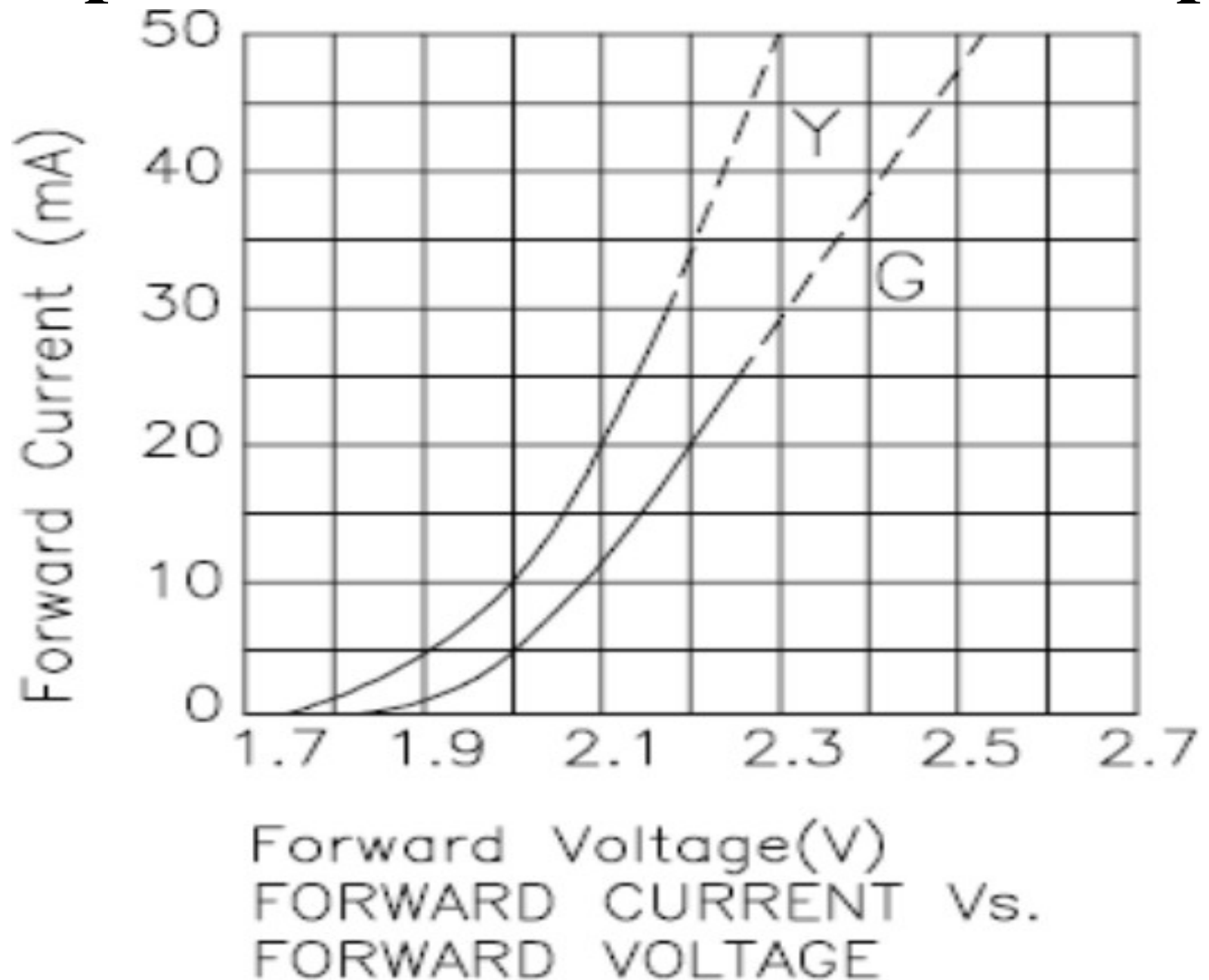
# Управление на LED индикатори

Ярките светодиоди (bright LED) имат по-високи падове и светят по-ярко от дифузните при едни и същи токове (напр. ярък зелен LED може да има  $V_F = 3\text{ V}$ ).

**Токът в права посока  $I_F$**  варира в по-големи граници. Дифузните светодиоди имат  $I_F = 10 \div 30\text{ mA}$ , ярките  $I_F = 1 \div 20\text{ mA}$ , а мощните –  $x1 \div x10\text{ A}$ .

Типична ВАХ на маломощен LED е показана на следващия слайд[2].

# Управление на LED индикатори



# Управление на LED индикатори

Яркостта на светодиодиите (luminous intensity) се мери в кандели и за индикаторни светодиоди варира в обхвата  $0.6 \div 1800 \text{ mcd}$ .

Интензитетът зависи от тока в права посока  $I_F$  [3]:

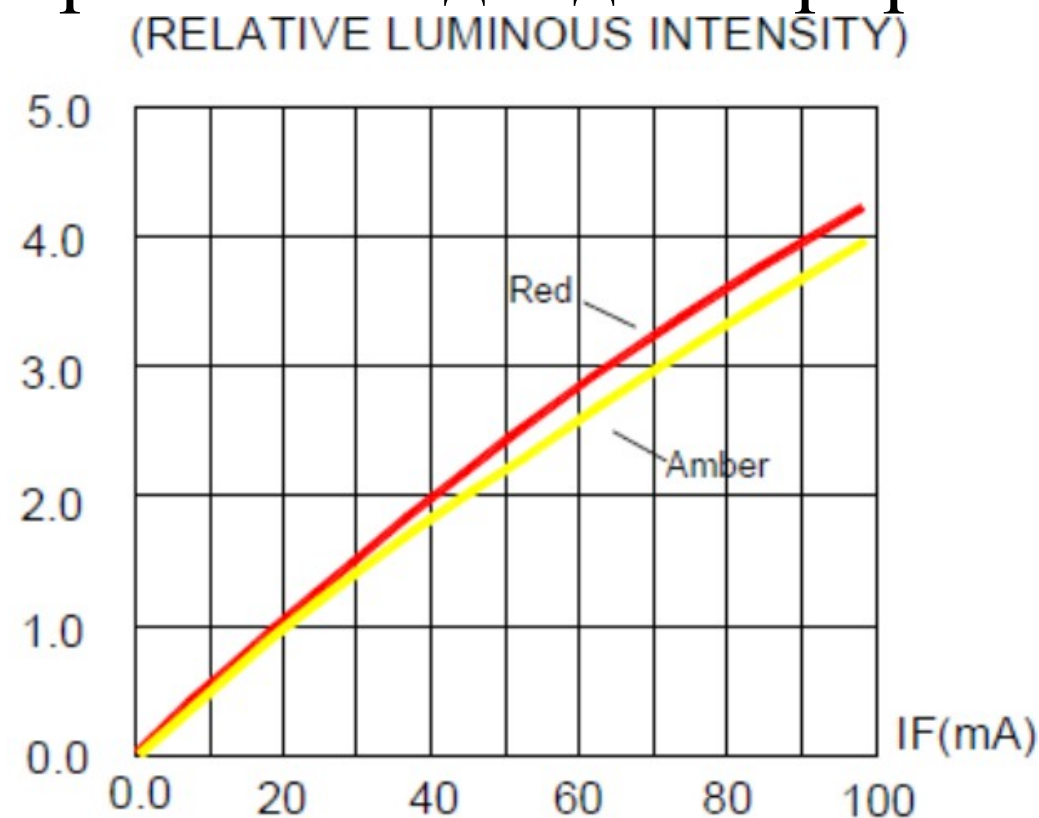


FIG.2 RELATIVE LUMINOUS INTENSITY VS.  
FORWARD CURRENT



# Управление на LED индикатори

Яркостта на светодиодиите зависи от ъгъла, от който наблюдаващия вижда светодиода. Това се нарича **ЪГЪЛ на виждане** (viewing angle) [3]. Използва се също понятието “far field pattern”.

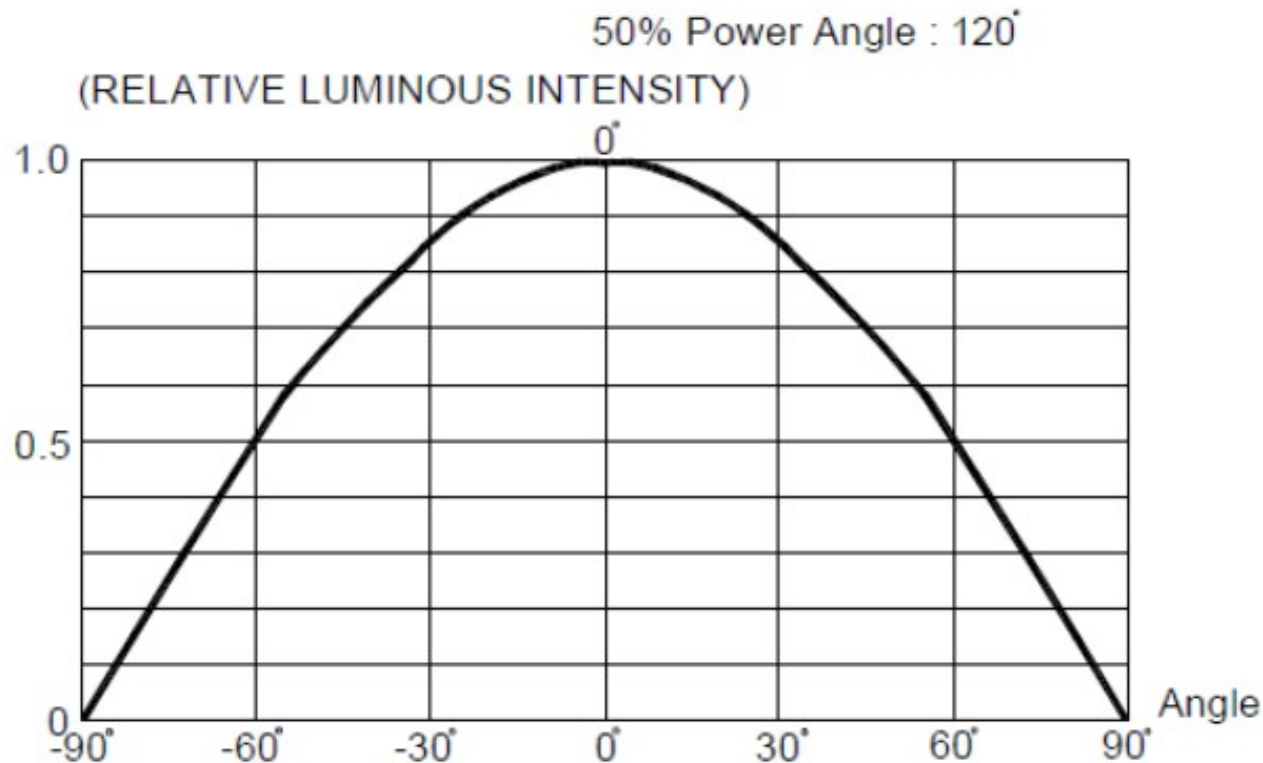


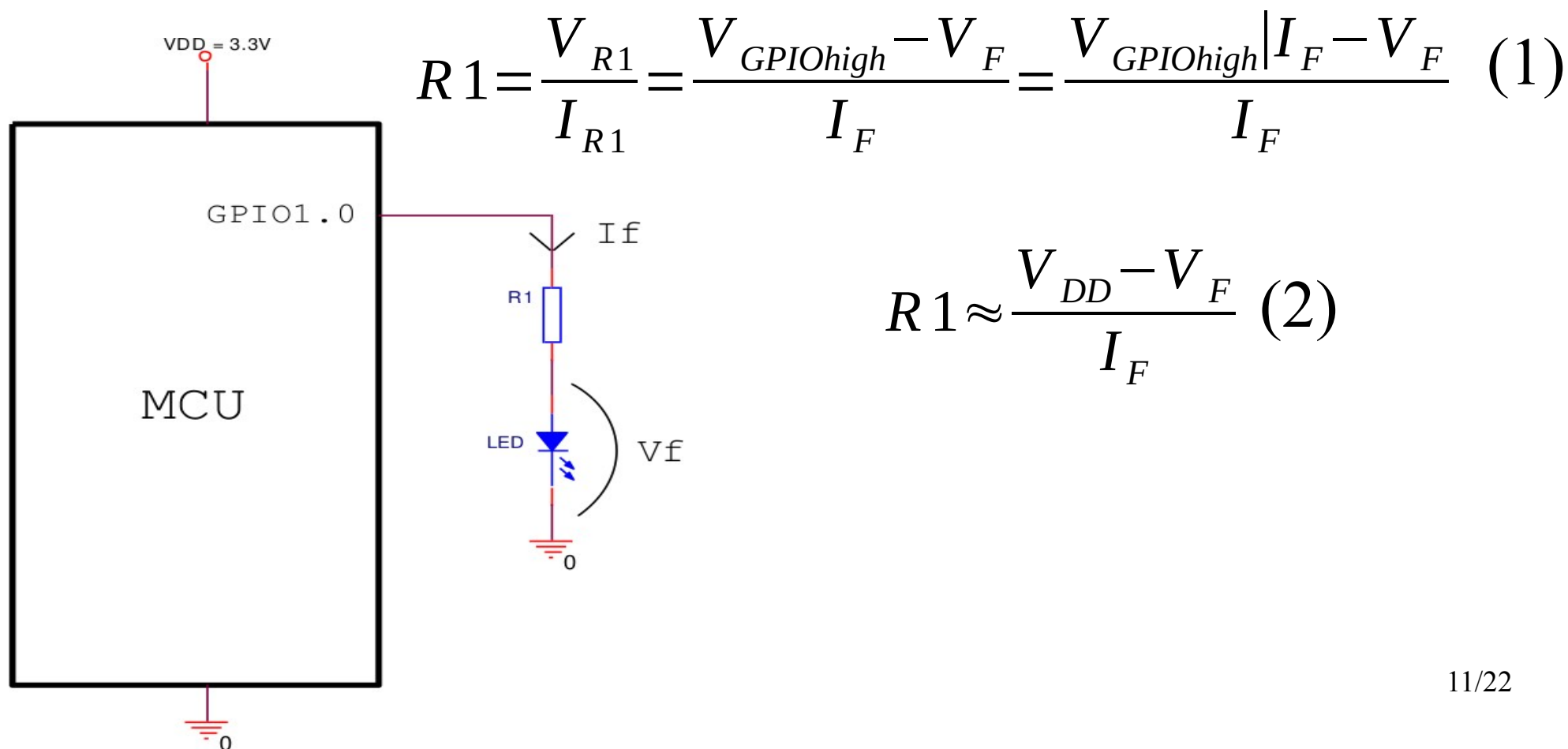
FIG.6 FAR FIELD PATTERN

# Управление на LED индикатори

**ВНИМАНИЕ!** Всеки един от изброените параметри трябва да се провери от техническата спецификация (datasheet) за конкретния модел светодиода, за конкретния производител.

# Управление на LED индикатори

За повечето  $\mu$ CU номиналното захранване е 3.3 V или 5 V. Това означава, че в изхода на GPIO ще има приблизително захранващото напрежение.



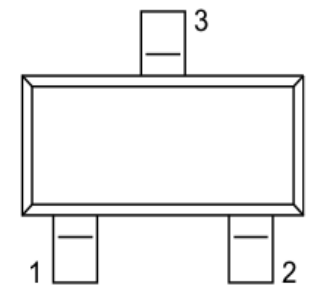
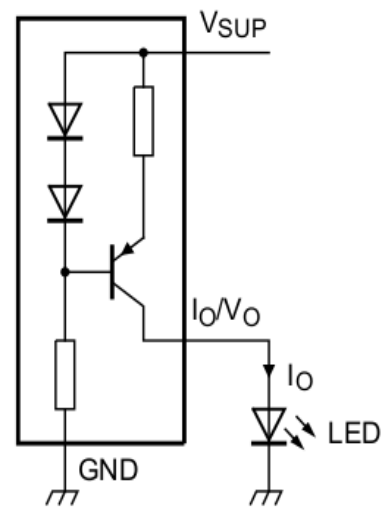
# Управление на LED индикатори

Светодиодите се захранват с генератори на ток. Такива има в интегрално изпълнение.

*Пример* – NCR402T на Nexperia е параметричен, линеен генератор на ток в три-изводен SOT23 корпус.

$$I_F = 17 \div 23 \text{ mA.}$$

**Table 2. Pinning information**

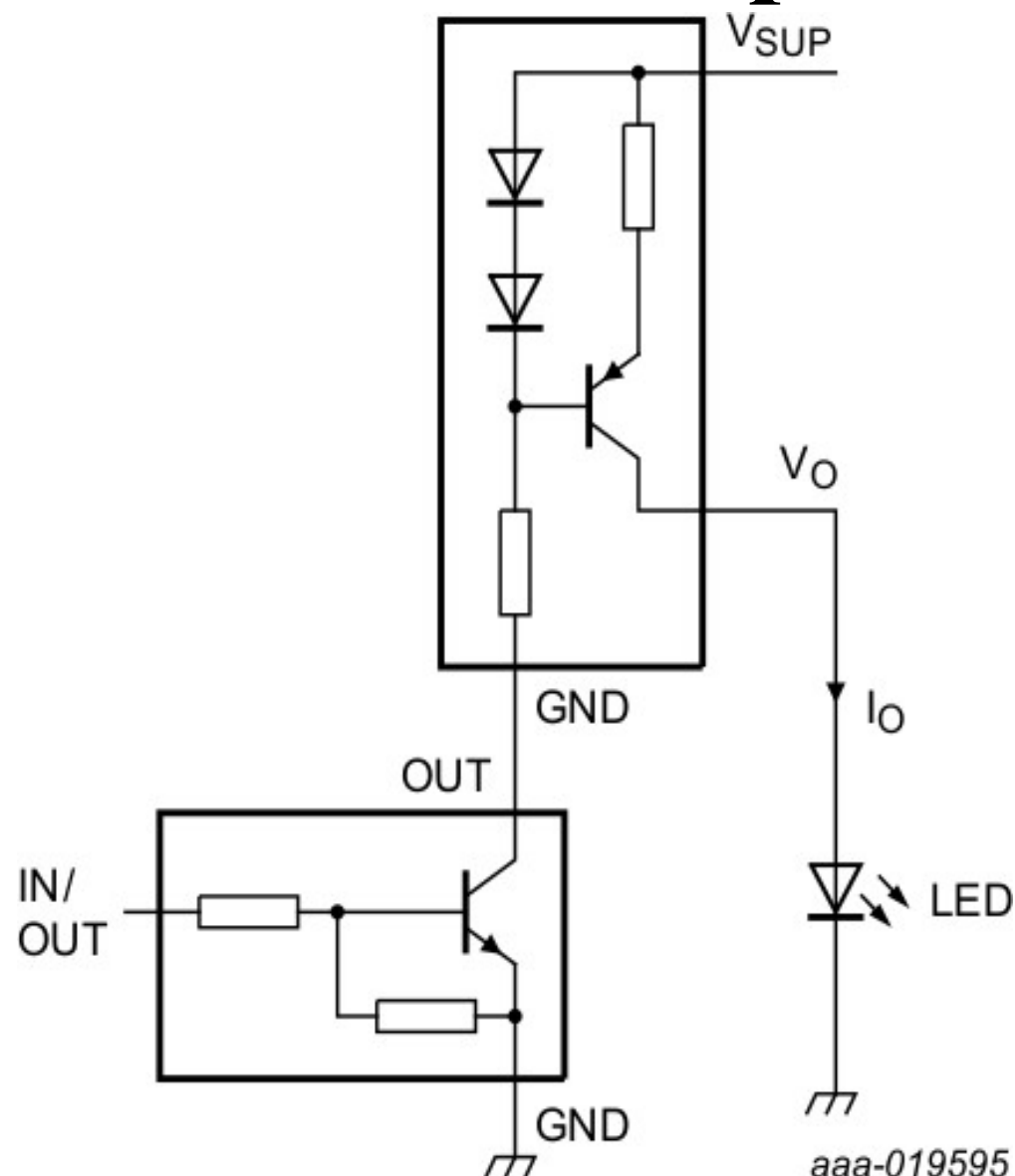
Pin	Symbol	Description	Simplified outline	Graphic symbol
1	GND	ground	 <p>TO-236AB (SOT23)</p>	 <p>aaa-019596</p>
2	V <sub>SUP</sub>	supply voltage		
3	I <sub>O</sub> /V <sub>O</sub>	output current/output voltage		

# Управление на LED индикатори

Захранващото напрежение  $V_{SUP}$  може да варира в широки граници  $5 \div 20\text{ V}$ .

За да стане управляем, генераторът се нуждае от електронен ключ. Така се получава схемата по-долу.

GPIO извода на микроконтролера се свързва към базата “IN/OUT” на цифровия транзистор.



# Управление на LED индикатори

Такова схемно решение може да е подходящо за някои приложения (габаритните LED светлини на автомобил се проектират  $50 \div 70 \text{ mA} / 12 \text{ V}$ ), но да се окаже **твърде скъпо** за други.

Затова схемата, показана преди два слайда, с **токоограничаващия резистор** се използва най-често за индикация на ел. панели. Тази схема разчита на две условия:

- \*напрежението  $V_{DD}$  да е стабилизирано;

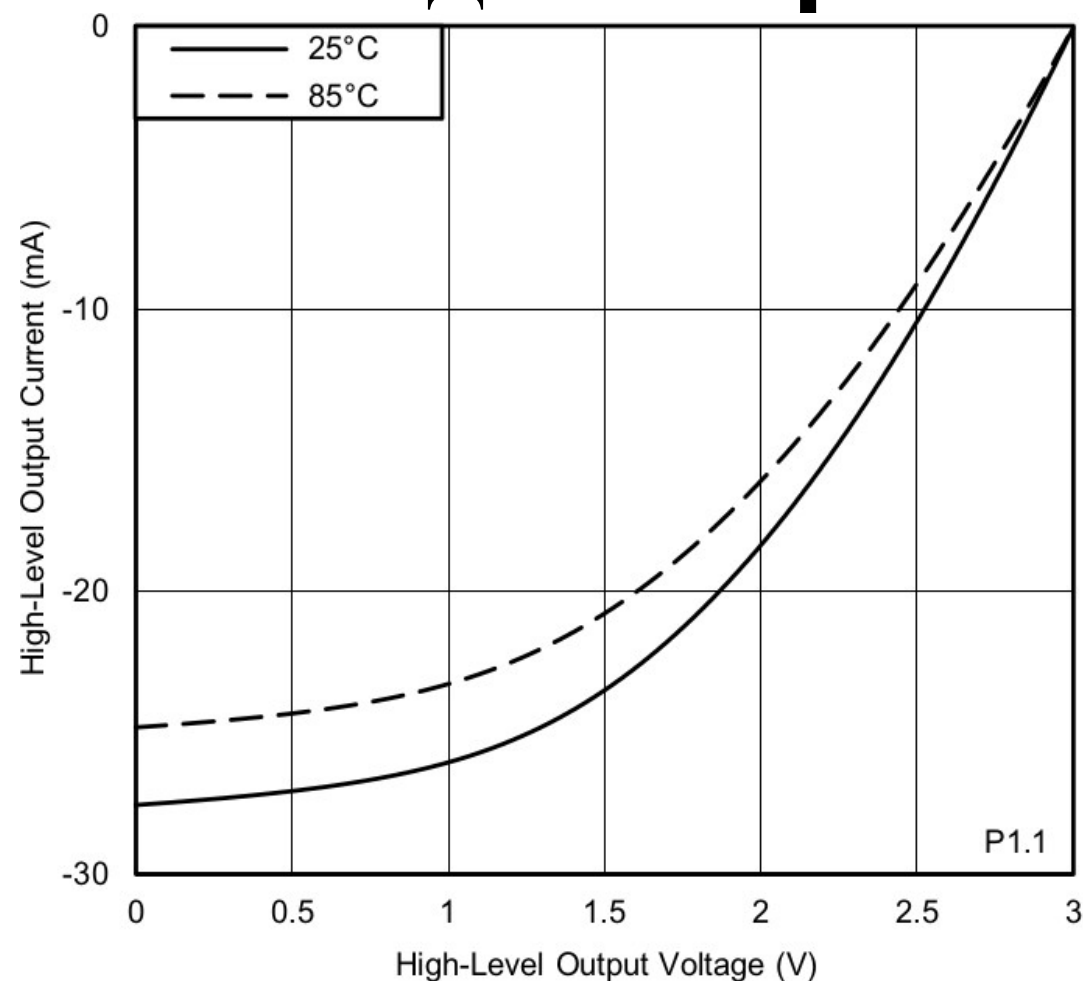
- \*напрежението  $V_F$  да е неизменящо се.

Ако едно от двете не може да бъде гарантирано ( $V_{DD}$  се взима директно от батерия,  $V_F$  се променя от температурата/старееене), трябва да се използва управляем генератор на ток.

# Управление на LED индикатори

Във формула (1) се прави едно допускане, за да се стигне до съкратената формула (2), и това е – приема се, че **високото логическо ниво на GPIO е равно на захранващото напрежение**.

Това, обаче, е **много грубо допускане**. Реално изходната характеристика на CMOS стъпало изглежда така (MSP430FR6989):



$V_{CC} = 3.0 \text{ V}$

Figure 5-12. Typical High-Level Output Current vs High-Level Output Voltage

# Управление на LED индикатори

Тоест може да се окаже, че

$$*V_{\text{GPIOhigh}} = V_{\text{DD}} - 0.5 \text{ V при ток през светодиода } 10 \text{ mA}$$

$$*V_{\text{GPIOhigh}} = V_{\text{DD}} - 1 \text{ V при ток през светодиода } 20 \text{ mA}$$

което прави формула (2) невалидна.

Затоа изходите на  $\mu\text{CU}$  трябва да се **буферират с електронни ключове**. Тогава формула (2) винаги ще важи.

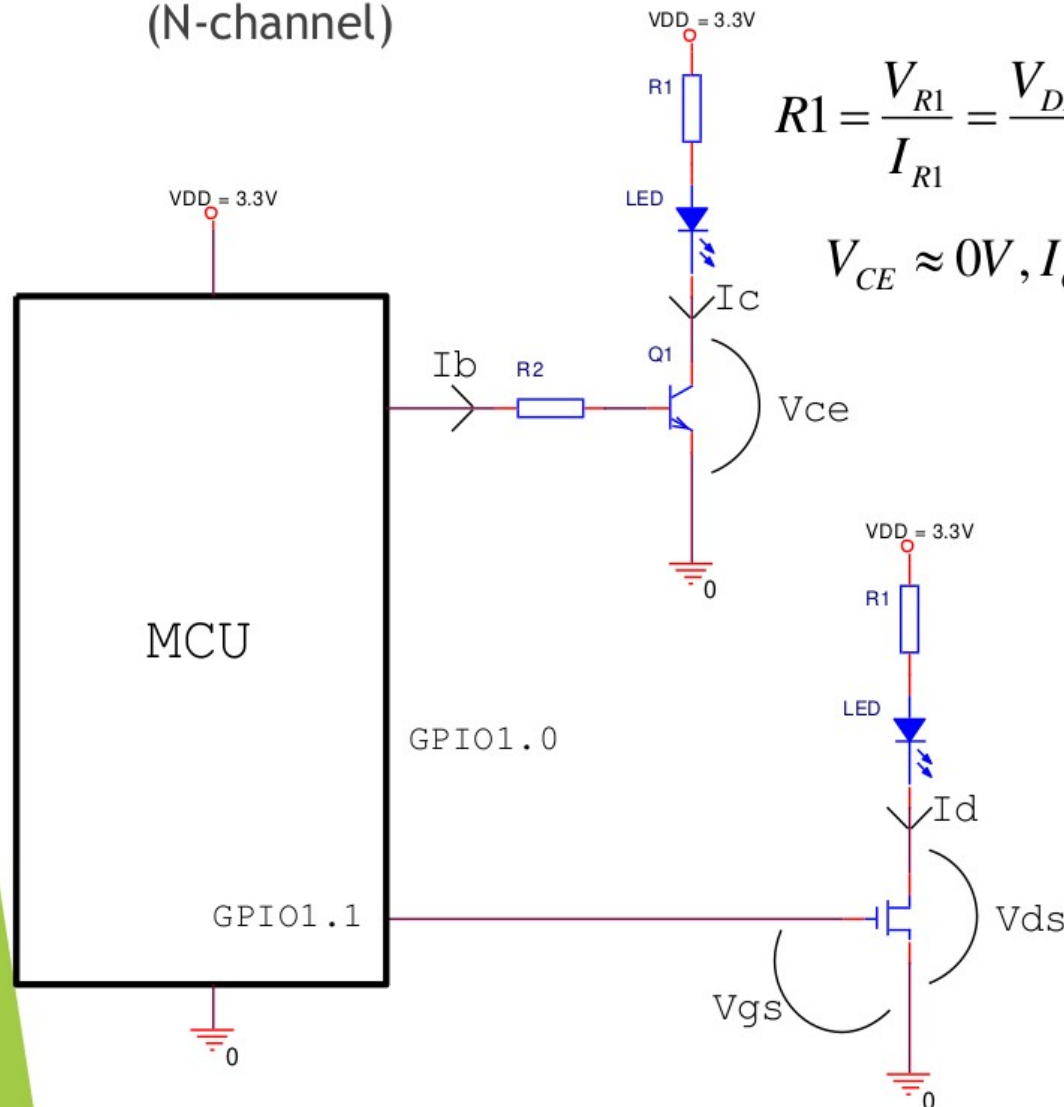
На следващия слайд са показани схеми за буфериране на изходите на  $\mu\text{CU}$  с NPN и NMOS транзистори.

**ВНИМАНИЕ!**  $V_{\text{GStres}} = 1 \div 2 \text{ V}$  за контролери със захранване 3.3 V, иначе може да не отпусти NMOS-а.



# Управление на LED индикатори

- Connecting an LED to a MCU with an electronic switch using bipolar (NPN) and MOS (N-channel)



$$R1 = \frac{V_{R1}}{I_{R1}} = \frac{V_{DD} - V_F - V_{CE}}{I_C} \approx \frac{V_{DD} - V_F}{I_F} \quad R2 = \frac{V_{R2}}{I_{R2}} = \frac{V_{DD} - V_{BE}}{I_B}$$

$$V_{CE} \approx 0V, I_C = I_F$$

$$I_B = \frac{I_C}{h_{FE}} = \frac{I_F}{h_{FE}}$$

$$R1 = \frac{V_{R1}}{I_{R1}} = \frac{V_{DD} - V_F - V_{DS}}{I_D} \approx \frac{V_{DD} - V_F}{I_F}$$

$$V_{DS} \approx 0V, I_D = I_F, V_{GS\_threshold} \leq V_{DD}$$

# Управление на LED индикатори

Интересно схемно решение може да се види в дебъгера на ST Microelectronics ST-Link: с един GPIO извод се управляват два светодиода.

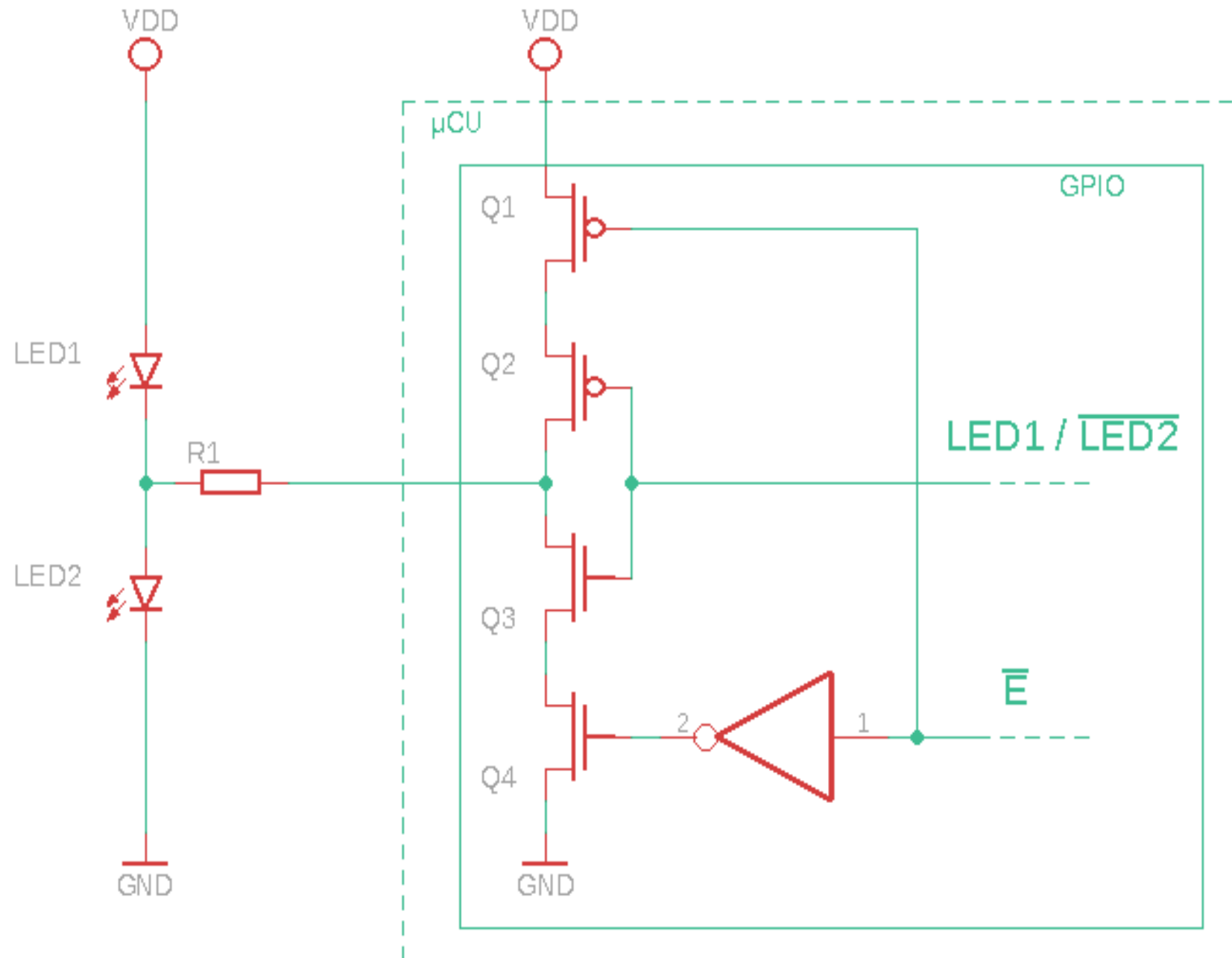
Когато !E = 0 се пуска светодиод, който е избран чрез сигнала LED1/!LED2. Когато Q3 и Q4 са отпушени, LED1 свети, LED2 е шунтиран. Когато Q1 и Q2 са отпушени, LED2 свети, LED1 е шунтиран.

Когато !E = 1, GPIO изводът е конфигуриран като вход и

$$V_{F1} + V_{F2} > V_{DD},$$

следователно и двата LED са изгасени.

# Управление на LED индикатори



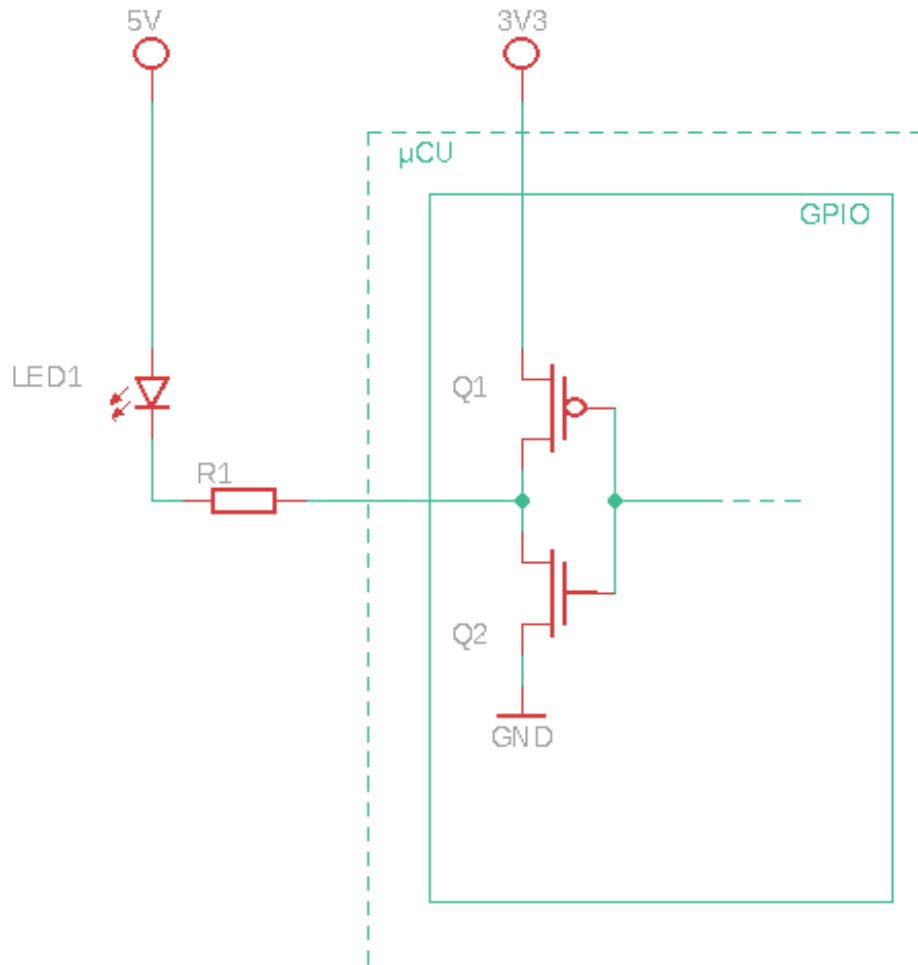
# Управление на LED индикатори

Фундаментална грешка може да се допусне с ярък светодиод с голям пад, например с цвят синьо. Схемата вляво използва противотактно изходно стъпало (push-pull) и разчита, че при  $\text{GPIO}_{\text{high}} = 3.3 \text{ V}$ , а падът  $5 - 3.3 = 1.7 \text{ V}$  няма да е достатъчен, за да отпусти диода. Всъщност, при ярките светодиоди светлина може да се види и при  $10 \div 100 \mu\text{A}$ , т.е.  $1.7 \text{ V}$  е в началото на ВАХ, но ток все пак ще протече и е **възможно диода да свети слабо**, когато уж трябва да е изключен.

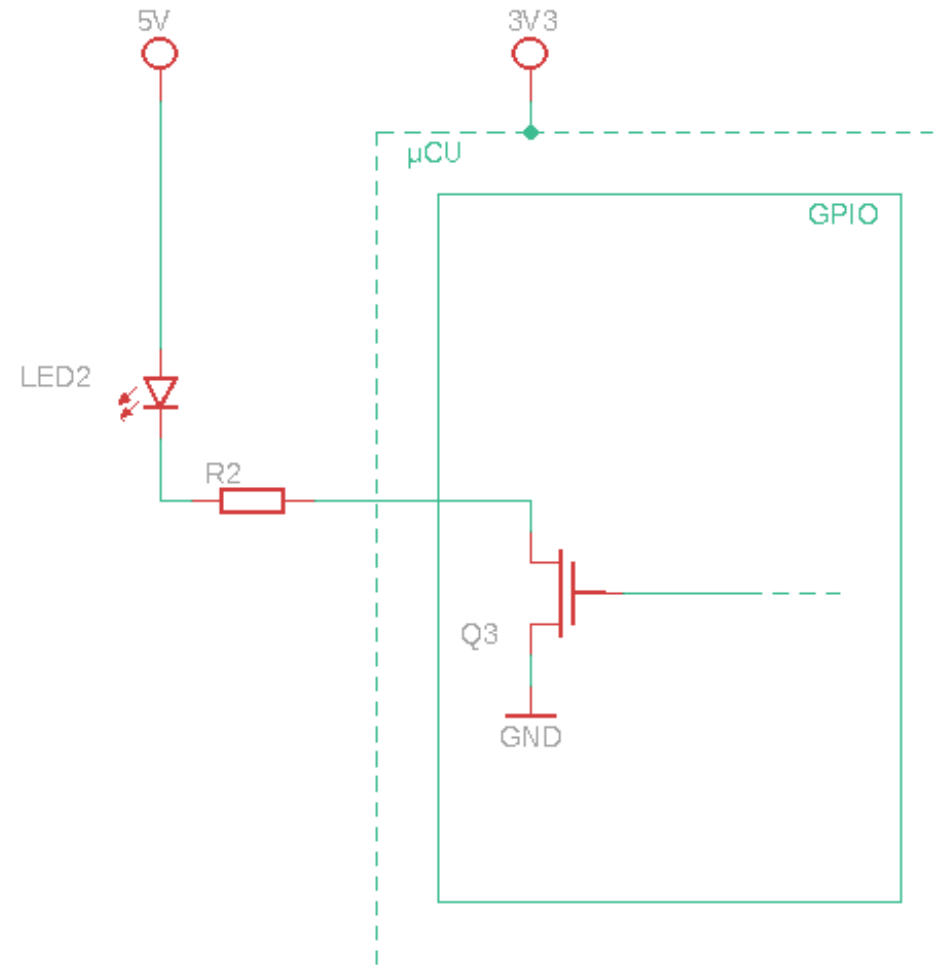
За да не се случва това, **трябва да се използва стъпало по схема отворен-дрейн.**

# Управление на LED индикатори

НЕ!!!



ДА



# Литература

- [1]Г. Михов, “Цифрова схемотехника”, ТУ-София, 1999.
- [2]L-115WGYW Datasheet, Kingbright, 2003.
- [3]CLM1B-RKW/AKW Product Family Datasheet, CREE, 2011.