

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ НАБОРОВ РЕЗИСТОРОВ НАД ДИСКРЕТНЫМИ РЕЗИСТОРАМИ В МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТЕХНИКЕ

ВЛАДИМИР РОМАНОВ, главный конструктор АО «Ресурс»

Чип-резисторы и наборы резисторов широко применяются в современной радиоэлектронике благодаря их компактным размерам, широкому ряду моделей и т. д. С технической и экономической точек зрения, в цифровой и микропроцессорной технике целесообразно применять наборы резисторов, а не дискретные резисторы. В статье рассматриваются вопросы о преимуществах наборов резисторов над дискретными резисторами.

При проектировании и изготовлении цифровой и микропроцессорной техники (см. рис. 1) ее контакты всегда находятся либо в состоянии логического 0, либо в состоянии логической 1. В некоторых случаях необходимо изменить состояние с 0 на 1 или с 1 на 0. В любом случае следует удерживать цифровой контакт либо в 0 и затем изменить состояние на 1, либо удерживать его на 1, а затем изменить на 0. Так или иначе, цифровой вывод должен быть либо «высоким», либо «низким», но его нельзя оставлять плавающим.

Поскольку цифровая схема работает при слабом токе, подключение логических контактов непосредственно к напряжению питания или заземлению является неприемлемым вариантом. В силу того, что прямое соединение в конечном итоге увеличивает ток, как и короткое замыкание, может повредиться чувствительная логическая схема. Чтобы контролировать ток, требуются резисторы с понижением или повышением напряжения. Подтягивающий к питанию (pull-up) резистор позволяет контролировать ток от источника напряжения питания к цифровым входным контактам, а подтягивающие к земле (pull-down) резисторы эффективно управляют током от цифровых контактов к земле. В то же время оба резистора, понижающий и повышающий, поддерживают цифровое состояние низкого или высокого логического уровня, соответственно.

Резисторы Pull-up и Pull-down применяются для разных схем логического уровня во встроенном оборудовании, однопроводной системе протоколов, периферийных соединениях и прочих микроконтроллерных и микропроцессорных устройствах.

Поскольку у цифровых и микропроцессорных устройств количество входов/выходов соответствует разрядности 2^N , где N – целое число, применяется большое количество подтягивающих и понижающих резисторов. В данном случае технически и экономически обосновано применение наборов резисторов, а не дискретных резисторов.

Наборы резисторов обладают рядом преимуществ над дискретными резисторами. К ним относятся:

- экономия площади печатной платы;
- близкое распределение температурных коэффициентов (ТКС) сопротивления резисторов в наборе;
- близкое распределение допускаемого отклонения сопротивления резисторов в наборе;

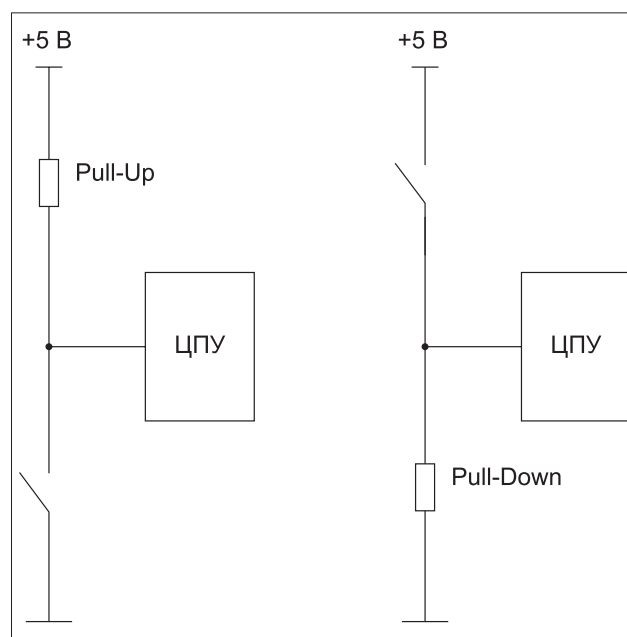


Рис. 1. Пример цифрового входа – схемы Pull-Up и Pull-Down

- повышение надежности;
- снижение расходов на монтаж;
- уменьшение числа компонентов в схеме;
- уменьшение числа паяных соединений;
- увеличение производительности производства.

Наборы резисторов широко применяются в телекоммуникационном оборудовании, бытовых и промышленных электроприборах. Они оптимальны в случае необходимости экономии места на печатной плате. Наборы резисторов позволяют минимизировать габариты устройств, уменьшить стоимость и количество элементов, а экономия занимаемого места на плате достигает 33%.

Температурный коэффициент сопротивления показывает, насколько близко сопротивление одного резистора «следует» за сопротивлением других резисторов в сборке в заданном диапазоне температур. Как видно из рисунков 2–3, типичное распределение ТКС для наборов резисторов составляет всего ± 25 ppm/°C, в отличие от дискретных чип-резисторов,

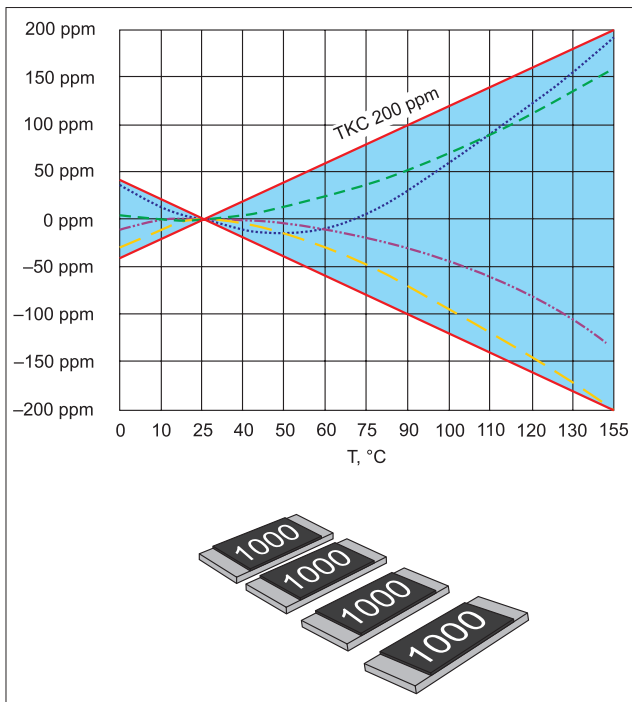


Рис. 2. Распределение ТКС чип-резисторов

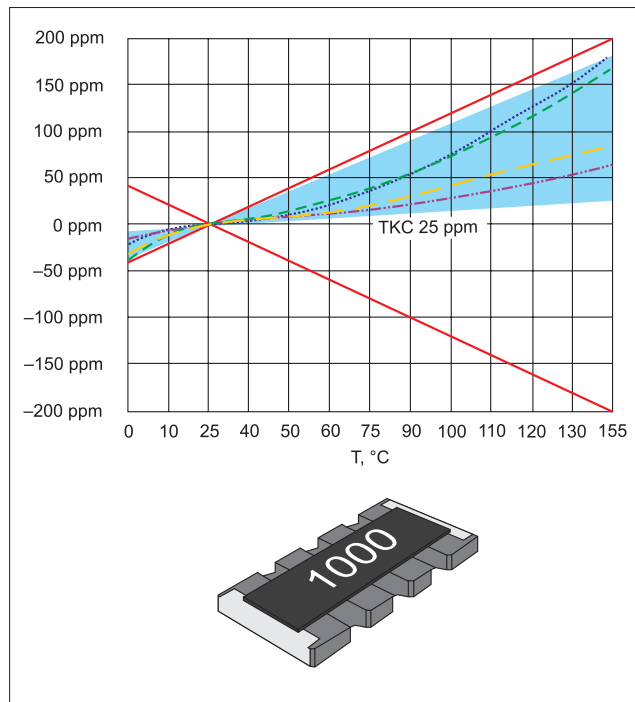


Рис. 3. Распределение ТКС резисторов в наборе

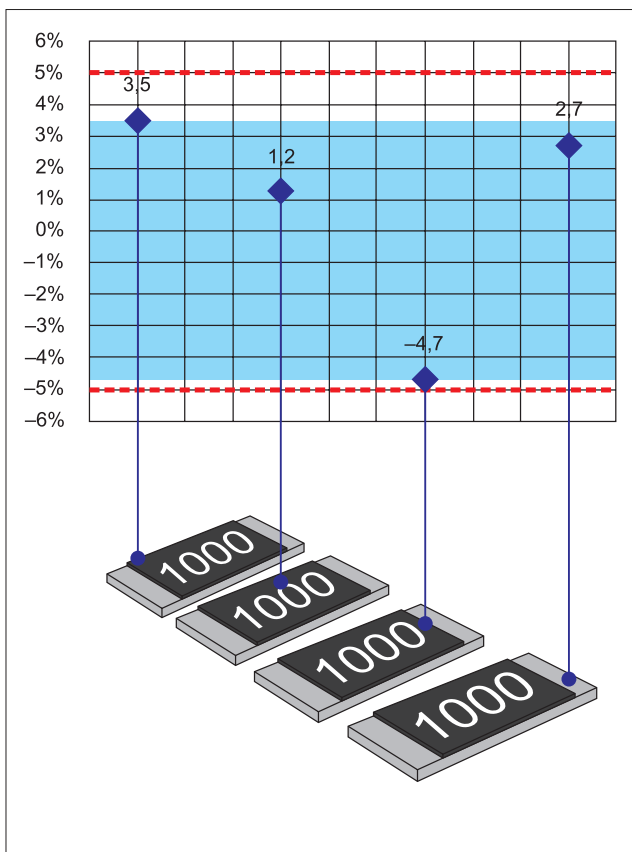


Рис. 4. Распределение допускового отклонения сопротивления чип-резисторов

у которых этот показатель равен $\pm 200 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$. Таким образом, значения сопротивления соседних резисторов в сборке под воздействием температуры изменяются крайне мало по отношению к друг другу, что хорошо сказывается на функционировании схемы в целом.

На рисунках 4–5 представлены распределения допускового отклонения сопротивления чип-резисторов и резисторов в наборе. Как видно из рисунков 4–5, типичное распределение

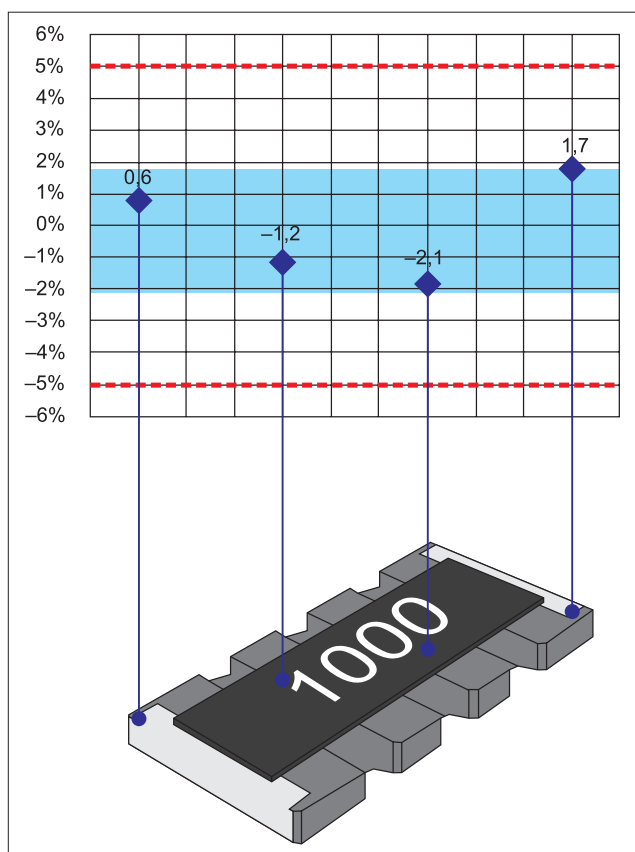


Рис. 5. Распределения допускового отклонения сопротивления резисторов в наборе

допускаемого отклонения резисторов в наборе резисторов составляет $\pm 2\%$, для дискретных чип-резисторов оно равно $\pm 5\%$. В отличие от дискретных чипов в резисторных сборках, разброс параметров минимален благодаря общей подложке, а также тому, что все резисторы сборки изготавливаются в едином технологическом процессе.

Одно из преимуществ наборов резисторов над дискретными резисторами – меньшее число компонентов в схеме. За счет этого

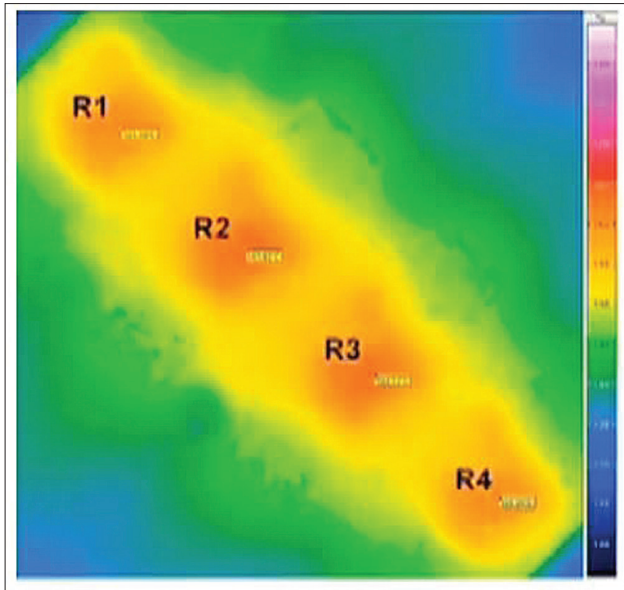


Рис. 6. Распределение температуры в наборе резисторов

удается сократить площадь печатной платы, а также уменьшить количество паяных соединений. В результате снижаются не только расходы на монтаж, но и габариты устройства.

Еще одним преимуществом наборов резисторов является распределение тепла по всему корпусу (см. рис. 6). Рассмотрим случай, когда чаще всего работает один канал цифрового контроллера, а три остальных включаются периодически; схема реализована через понижающие резисторы. При использовании отдельно установленных резисторов один из них всегда перегружен, что, в свою очередь, негативно отражается на надежности всей системы. При использовании набора резисторов нагрев распределяется равномерно по всей сборке.

Очевидное преимущество, которое обеспечивают наборы резисторов, состоит в интеграции нескольких резисторов в одну часть. Это снижает общее количество компонентов и мест размещения, уменьшает размер, вес конструкции и повышает надежность. Влияние сокращения количества мест размещения может быть значительным. На самом деле, для наборов резисторов небольшого размера затраты на размещение намного превышают стоимость самого компонента, если учитывать общую стоимость использования каждого компонента. Даже несмотря на то, что цена набора резисторов 4x0603 превышает стоимость четырех дискретных чип-резисторов 0603, общая стоимость решения с массивами ниже, чем дискретного решения, с учетом затрат на размещение четырех дискретных компонентов по сравнению с одним массивом.

Существуют разные электрические схемы соединения резисторов в наборе – они представлены на рисунках 7–9.

Массив подтягивающих к питанию или к земле резисторов от цифровых входов можно монтировать как с изолированной электрической схемой, так и с общим выводом.

Например, при использовании электрической схемы «двойной терминатор» с сопротивлениями $R_1 = 220 \text{ Ом}$ и $R_2 = 330 \text{ Ом}$ получим:

$$V_{1\text{Вых}\text{№}2} = \frac{V_{\text{ВХ}} \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{5 \cdot 330}{220 + 330} = 3 \text{ В}.$$

При изменении направления напряжения получим:

$$V_{11\text{Вых}\text{№}2} = \frac{V_{\text{ВХ}} \cdot R_1}{R_1 + R_2} = \frac{5 \cdot 220}{220 + 330} = 2 \text{ В},$$

$V_{1\text{Вых}\text{№}2} \pm 2\%$ в диапазоне 2,94–3,06 В, $R_{11\text{Вых}\text{№}2} \pm 2\%$ в диапазоне 1,96–2,04 В.

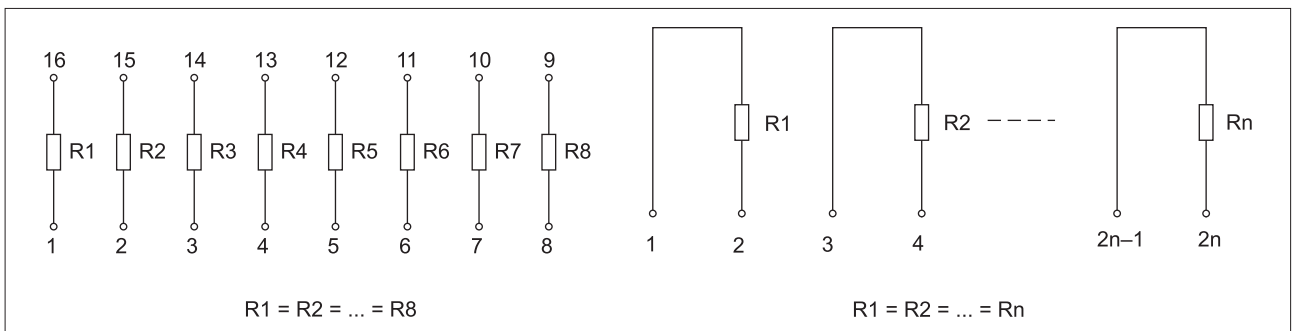


Рис. 7. Изолированные резисторы в наборе

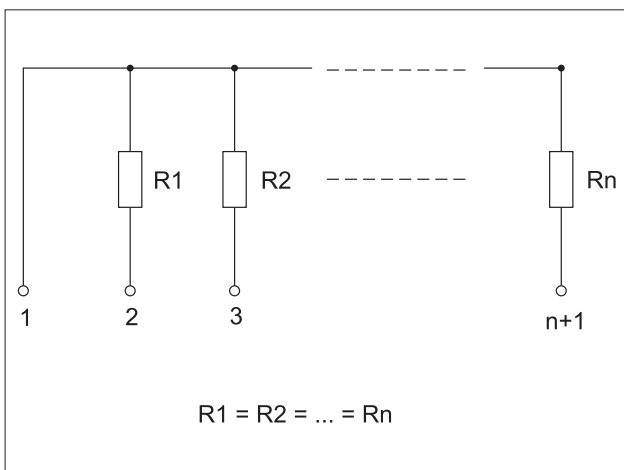


Рис. 8. Резисторы с общим выводом в наборе

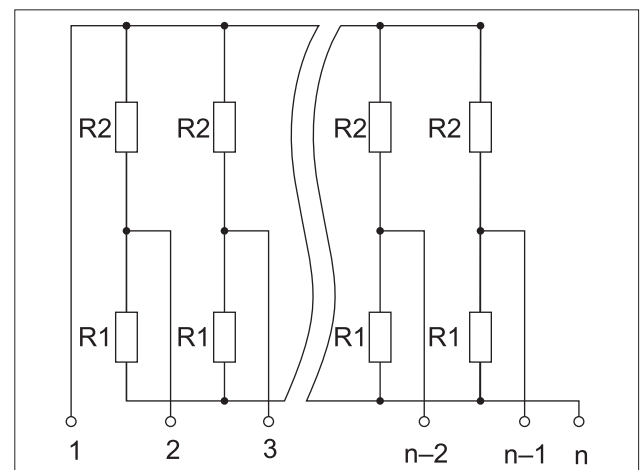


Рис. 9. Электрическая схема «двойной терминатор»

Таблица. Основные характеристики выпускаемых наборов резисторов

Компания	Продукция	Импортные аналоги	Номинальная мощность рассеяния, Вт	Диапазон номинальных сопротивлений, Ом	Допустимое отклонение сопротивления, %	ТКС $\times 10^{-6}$, 1/°C
АО «Ресурс»	HP1-2P	CAT-16 от Bourns	0,062	10–1×10 ⁶	±1; ±2; ±5	±200
	HP1-3P	CAY-16 от Bourns				
	HP1-4P	CAT-25 от Bourns	0,0625		±5	
	HP1-79	4600X от Bourns	0,75–1,38	10–51	±5	±100; ±250
				51–1×10 ⁶	±1; ±2; ±5	
				1×10 ⁶ –150×10 ⁶	±2; ±5; ±10	
	HP1-80	4800P от Bourns	0,08	10–49	±5; ±10	±100; ±250
49–1×10 ⁶				±1; ±2; ±5		
0,16			1×10 ⁶ –15×10 ⁶	±2; ±5; ±10		
			15×10 ⁶ –150×10 ⁶	±10		
АО «НИИЭМП»	HP1-19	4600X* от Bourns	0,05	22–1000	±0,5	±50; ±100; ±250
			0,125	10–10 ⁷	±1; ±2	
	HP1-20		0,125	10–3,3×10 ⁶	±5; ±10	±100; ±250
			0,5–1	10–10 ⁶	±1; ±2	
HP1-7Б		0,5–1	10–3,3×10 ⁶	±2; ±5	±250; ±500	
				±10		
ОАО «Алагирский завод сопротивлений»	HP1-19-3М	4600X* от Bourns	0,125	10–3,3×10 ⁶	±2; ±5	±100; ±250
	HP1-20		0,25	10–1×10 ⁶	±1; ±2	
					±5; ±10	

* В отличие от импортных аналогов, шаг между выводами в наборе резисторов равен 2,50 мм, а не 2,54 мм.

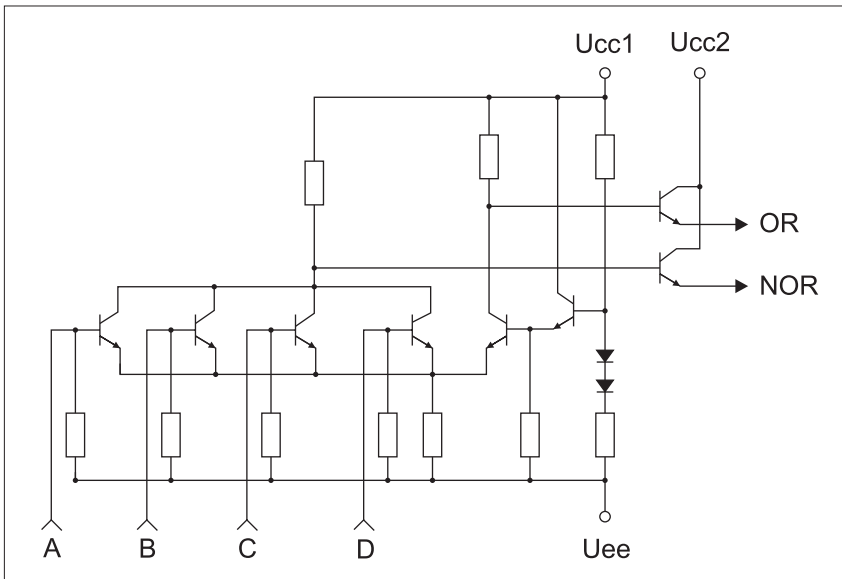


Рис. 10. Типовое применение наборов резисторов в высокоскоростном протоколе ECL

Электрическая схема резисторов в наборе «двойной терминатор» применяется для подключения линий передачи данных TTL, а также в качестве пар завершающих согласованных резисторов в высокоскоростном протоколе ECL (эмиттерно-связанная логика). Типовое применение показано на рисунке 10.

На российском рынке электронных компонентов представлены наборы резисторов, которые изготавливаются в разных конструктивных исполнениях.

Наборы резисторов разделяют по типу монтажа на поверхностный (SMD) и навесной. В свою очередь, наборы резисторов для поверхностного монтажа подразделяются на безвыводные и выводные. В таблице представлены отечественные предприятия-производители, которые выпускают наборы резисторов, а также их основные технические характеристики. ➡