

АНАЛОГОВЫЕ КМОП-КЛЮЧИ

РУКОВОДСТВО ПО ВЫБОРУ

ЧАСТЬ 2

Усама Мунир, Дэвид Кэнни russia-feedback@maximintegrated.com

Продолжаем публикацию материалов, посвященных базовым принципам построения стандартных аналоговых КМОП-ключей компании Maxim и некоторым их параметрам. Обсуждаются такие специализированные функции, как защита от неисправностей, электростатического разряда (ESD), калибровка мультиплексоров и одновременная коммутация силовых и сигнальных цепей. Кроме того, рассмотрены ключи для видеосигналов, высокоскоростных USB-интерфейсов, HDMI- и PCIe-интерфейсов.

КЛЮЧИ В МИНИАТЮРНЫХ КОРПУСАХ

Компания Maxim предлагает множество моделей ключей в корпусах очень малого размера. Например, ключи MAX4696/4607 (1-SPDT) и MAX4688/4698 (1-SPST) выпускаются в миниатюрных шестивыводных корпусах UCSP площадью всего 1,5 мм² (табл.3)*. При монтаже ключей в миниатюрные корпуса UCSP площадью 1,5 мм² кристалл не упаковывается в пластиковый корпус, что позволяет сэкономить место на плате.

КЛЮЧИ С ЗАЩИТОЙ ОТ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Во многих случаях крайне важна защита аналоговых ключей от электростатических разрядов. При необходимости разработчики могут использовать дополнительные внешние защитные схемы, однако они занимают определенную площадь на плате и увеличивают паразитные емкости входных и выходных цепей. Обычно защита аналоговых ключей рассчитывается на воздействие статического напряжения до ±2 кВ. Правда, сегодня некоторые модели ключей содержат

встроенную диодную защиту, рассчитанную на электростатические разряды до ±15 кВ (табл.4). Оценка стойкости выводов ключей к воздействию таких электростатических разрядов производится с использованием модели человеческого тела (Human Body Model, ±15 кВ) и контактных (обычно ±8 кВ) и бесконтактных (через воздушный промежуток, ±15 кВ) методов разряда, приведенных в стандарте IEC 61000-4-2 [1, 2].

КЛЮЧИ С ЗАЩИТОЙ ОТ ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ ПРИ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИИ ВПЛОТЬ ДО ±36 В

Допустимый диапазон напряжений входных сигналов ограничен значениями напряжения источников питания аналоговых ключей**. Если напряжение входного сигнала превышает напряжение питания, ключ может перейти в неуправляемое состояние (эффект защелки) или вообще выйти из строя. Обычно ограничение уровня сигнала не является проблемой. Однако иногда сигнал на входе ключа может появиться до включения источника питания. Это происходит, когда питающее напряжение подается на источник сигнала до того, как включится источник питания ключа.

* Для получения последних данных по всем классам ключей, приведенных в таблицах, следует обратиться к их спецификациям.

** См. Электроника: НТБ, 2013, №2, с.76–92.

Таблица 3. Аналоговые ключи в миниатюрных корпусах

Наименование	Функция	R _{ON} , макс., Ом	I _{L(OFF)} , макс., нА	Нелинейность R _{ON} , макс., Ом	t _{ON} /t _{OFF} , макс., нс	Инжекция заряда, тип., пКл	Коэффициент изоляции в выключенном состоянии/ частота, дБ/МГц	Напряжение питания, В	Корпус	Площадь, мм ²
MAX4698	1-SPDT	35	0,5	13	80/25	8	-750	2–5,5	6-UCSP	1,5
MAX4688	1-SPDT	2,5	0,5	1	30/12	40	-900	1,8–5,5	6-UCSP	1,5
MAX4594	1 SPST; NO	10	0,5	1,5	35/40	2	-80	2–5,5	6-μDFN	1,6
MAX4706/ MAX4707	1 SPST; NC/NO	3	1	0,85	20/15	5	-82/1; -62/10	1,8–5,5	6-μDFN	1,6
MAX4729/ MAX4730	1 SPDT	5,5	2	1,5/0,95	45/26	3	-67/1; -45/10	1,8–5,5	6-μDFN	1,6
MAX14508E/ MAX14509AE/ MAX14510E	DPDT; двунаправленный	5	10000	–	60000/ 5000	–	–	2,7–5	10-UTQFN	2,5
MAX14535E/ MAX14536E	1 DPDT; NO	0,35	10	0,001**	90000/ 40000	–	–	2,4–5,5	10-UTQFN	2,5
MAX4992/ MAX4993	2 SPDT/1 DPDT	0,5	100	0,001	150000/ 2000	–	-4500	1,8–5,5	10-UTQFN	2,5
MAX4719	2 SPDT	20	0,5	1,2	80/40	18	-80/1; -55/10	1,8–5,5	10-UCSP	3,3
MAX14531E/ MAX14532E	2 SP3T	2	2000	0,1	250000/ 6000	–	–	2,7–5,5	22-WLP	3,3
MAX14504/ MAX14505A	2 SPDT; двунаправленный	0,5	50	0,001*	60000/ 3000	–	–	2,3–5,5	12-WLP	3,3
MAX4906/ MAX4906F	2 SPDT; NO-NC	7	1000	1*	60/30	5	-60/10; -26/500	3–3,6	10-μDFN	4,2
MAX4754	4 DPDT	0,85	3	0,4	140/50	50	-650/–	1,8–5,5	16-UCSP	4,3
MAX4501/ MAX4502	1 SPST; NO/NC	250	1	–	75/10	10	-1000/–	2–12	5-SC70	5,3
MAX4624/ MAX4625	1 SPDT	1	2	0,12	50/50	65	-57/–	1,8–5,5	6-TSOT	8,3
MAX4514/ MAX4515	1 SPST; NO/NC	20	1	3	150/100	2	-900/–	2–12	5-SOT	9
MAX14550E	2 SP3T	6,5	250	0,1	100000/ 5000	–	–	2,8–5,5	10-TDFN	9,6
MAX4908/ MAX4930	2 SP3T	0,8	–/50	0,35	–	–	-4000/–	1,8–5,5	14-TDFN	9,6

Примечания: * – типичное значение; NO – нормально разомкнутый ключ; NC – нормально замкнутый ключ.

Таблица 4. Характеристики аналоговых ключей с защитой от статического электричества ± 15 кВ в соответствии со стандартами IEC 61000-4-2/IEC 1000-4-2

Наименование	Функция	R_{ON} , макс., Ом	$I_{L(OFF)}$, макс., нА	Рассогласование R_{ON} по каналам, макс., Ом	Нелинейность R_{ON} , макс., Ом	t_{ON}/t_{OFF} , макс., нс	Инжекция заряда, тип., пКл	Коэффициент изоляции в выключенном состоянии/переходное затухание, дБ (на 10 МГц)	Напряжение питания, В
MAX14535E/ MAX14536E	1 DPDT; NO	0,35	± 10	–	0,0003*	90000/ 40000	–	–	2,4–5,5
MAX4983E/ MAX4984E	1 DPDT; двунаправ- ленный	10	± 250	1	0,1	100000/ 5000	–	-48/-73	2,8–5,5
MAX4927	7 4:1 mux; NO	5,5	± 1000	1,5	0,01*	50/50	–	-/-50 (на 25 МГц)	3–3,6
MAX4575/ MAX4577	2 SPST; NO/ NO-NC	70	$\pm 0,5$	2	4	150/8	4	-75/-90	2–12
MAX4620	4 SPST; NO	70	$\pm 0,5$	2	4	150/80	5	-75/-90	2–12
MAX4561	1 SPDT	70	$\pm 0,5$	2	4	150/80	7	-75/-	1,8–12
MAX4568/ MAX4569	1 SPST; NO/ NC	70	$\pm 0,5$	2	4	150/80	6	-75/-	1,8–12
MAX4558/ MAX4559/ MAX4560	1 8:1 mux/2 4:2 mux/3 SPDT	160	± 1	6	8	150/120	2,4	-96/-93	$\pm(2-6)$ или 2–12
MAX4551/ MAX4552/ MAX4553	4 SPST; NC/ NO/NO-NC	120	± 1	4	8	110/90	2	0/-90	$\pm(2-6)$ или 2–12

Примечания: * – типичное значение; mux – мультиплексор; NO – нормально разомкнутый ключ; NC – нормально замкнутый ключ.

Приведенные обозначения справедливы для всех таблиц.

Новейшие отказоустойчивые ключи (рис.9) и мультиплексоры гарантируют защиту от перенапряжения в рабочем состоянии до ± 36 В и в отсутствии напряжения питания до ± 40 В, а также нормальную передачу сигнала в полном диапазоне напряжений питания и столь же малые значения R_{ON} , как и у обычных ключей (табл.5). Более того, сопротивление входных контактов относительно земли и шины питания велико даже в условиях перенапряжения независимо от состояния ключа и значения нагрузки, при этом ток утечки – не более нескольких наноампер. Если ключ (P2 или N2) замкнут, то вывод COM (Общий) подтягивается к источникам питания двумя внутренними "бустерными" полевыми транзисторами. В результате напряжение на этом выводе остается в пределах между значениями напряжения указанных источников, а их дополнительный ток

ограничивается значением до ± 13 мА в зависимости от нагрузки, причем через вывод NO/NC не протекает большой ток. Заметим, что сигнал проходит через ключ с защитой от неисправностей и ESD-защитой без искажений в любом направлении, однако от неисправностей защищен только вход ключа [3].

Чтобы исключить эффект защелкивания, положительное питающее напряжение необходимо подавать раньше отрицательного. Для случаев, когда это затруднено, компания Maxim предлагает ключи, не требующие соблюдения определенной последовательности подачи напряжений питания. Например, мультиплексор MAX14752, отвечающий по разводке выводов ставшему отраслевым стандарту DG408/DG409, снабжен встроенной диодной защитой от перенапряжения или недостаточного напряжения.

Таблица 5. Характеристики отказоустойчивых ключей, рассчитанных на полный диапазон входных напряжений

Наименование	Функция	R_{ON} , макс., Ом	$I_{L(OFF)}$, макс., нА	Рассогласование R_{ON} по каналам, Ом	Допустимые перенапряжения, В	t_{ON}/t_{OFF} , макс., нс	Инжекция заряда, тип., пКл	Напряжение питания, В	Корпус
MAX4507	8 защит линии	100	±0,5	–	±36/±40	–	–	8–18 или ±(9–36)	18-PDIP(N)/SOIC(W); 20-SSOP
MAX4510/ MAX4520	4 SPST; NO/NC	75	±0,5	–	±36/±40	500/175	1,5	9–36 или ±(4,5–20)	8-μMAX; 6-SOT
MAX4633	2 DPST; NO	85	±0,5	6	±36/±40	500/400	10	9–36 или ±(4,5–18)	16-PDIP(N)/SOIC(N)
MAX4511/ MAX4512/ MAX4513*	4 SPST; NC/NC/ NC-NO	160	±0,5	6	±36/±40	500/400	1,5	9–36 или ±(4,5–20)	16-CDIP(N)/PDIP(N)/SOIC(N)
MAX4708/ MAX4709	1 8:1 mux/ 2 4:1 mux	400	±0,5	15	±25/±40	275/200	0	9–36 или ±(4,5–20)	16-PDIP(N)/SOIC(N)
MAX4534/ MAX4535	1 2:1 mux; 2 4:1 mux	400	±2	10	±25/±40	275/200	1	9–36 или ±(4,5–18)	14-PDIP(N)/SOIC(N)/TSSOP
MAX4533	4 SPDT	175	±0,5	6	±25/±40	250/150	1,5	9–36 или ±(4,5–18)	20-PDIP(N)/SOIC(W)/SSOP
MAX4508/ MAX4509	1 8:1 mux/ 2 4:1 mux	400	±0,5	15	±25/±40	275/200	2	9–36 или ±(4,5–20)	6-CDIP(N)/PDIP(N)/SOIC(N)
MAX4632	2 SPDT	85	±0,5	6	±25/±40	500/400	5	9–36 или ±(4,5–18)	16-PDIP(N)/SOIC(N)
MAX4533	4 SPDT	175	±0,5	6	±25/±40	250/150	1,5	9–36 или ±(4,5–18)	20-PDIP(N)/SOIC(W)/SSOP
MAX4508/ MAX4509	1 8:1 mux/ 2 4:1 mux	400	±0,5	15	±25/±40	275/200	2	9–36 или ±(4,5–20)	6-CDIP(N)/PDIP(N)/SOIC(N)
MAX4632	2 SPDT	85	±0,5	6	±25/±40	500/400	5	9–36 или ±(4,5–18)	16-PDIP(N)/SOIC(N)
MAX4711	4 SPST; NC	25	±0,5	1	±7/±12	125/80	25	2,7–11 или ±(2,7–5,5)	16-PDIP(N)/SOIC(N)/TSSOP

Примечание: *MAX4511/4512/4513 совместимы по выводам с ключами, отвечающими стандартам DG411–DG413 и DG201/DG202/DG213.

ОДНОВРЕМЕННАЯ КОММУТАЦИЯ СИЛОВЫХ И СИГНАЛЬНЫХ ЦЕПЕЙ

Существует несколько отличающихся по точности и сложности способов подключения измерительных приборов при определении токов и напряжений силовых цепей: двух-, трех- и четырехпроводные. Двухпроводной способ (рис.10) применяется, когда к точности не предъявляется особых требований. В этом случае значение напряжения на нагрузке измеряется на стороне источника питания. При этом реальное

напряжение на нагрузке при большом токе может быть значительно меньше измеренного из-за падения напряжения на соединительных проводах. Длинные провода, большой ток нагрузки и высокое сопротивление проводов вносят свой вклад в значение этой разницы и могут привести к существенной погрешности измерений. Трехпроводная система позволяет повысить точность, однако наилучшие результаты достигаются при использовании четырехпроводной схемы подключения.

При четырехпроводном методе подключения (рис.11) два провода используются для передачи большого тока в нагрузку, в то время как два сигнальных провода подключаются непосредственно к контактам нагрузки для измерения ее напряжения. Некоторые приборы содержат в одном корпусе ключи двух разных типов, рассчитанные на коммутацию сигнальных и силовых цепей. Например, каждая микросхема семейства ключей MAX4554, предназначенных для коммутации силовых и сигнальных цепей в автоматическом измерительном оборудовании при измерении температуры, содержит низкоомные силовоточные ключи для подключения силовых цепей и ключи с более высоким сопротивлением для коммутации измерительных или защитных цепей. Для силовоточных ключей значение R_{ON} составляет всего 6 Ом, для сигнальных – 60 Ом при напряжении питания ± 15 В. Такие ключи находят применение в высокоточных системах наподобие нановольтметров или фемтоамперметров. Они упрощают создание множества других систем, например, при подключении к одному источнику и измерительному прибору двух разных нагрузок (рис.12).

МУЛЬТИПЛЕКСОРЫ И МАТРИЧНЫЕ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ ДЛЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Мультиплексор – специализированная версия аналогового ключа, в котором один из двух или

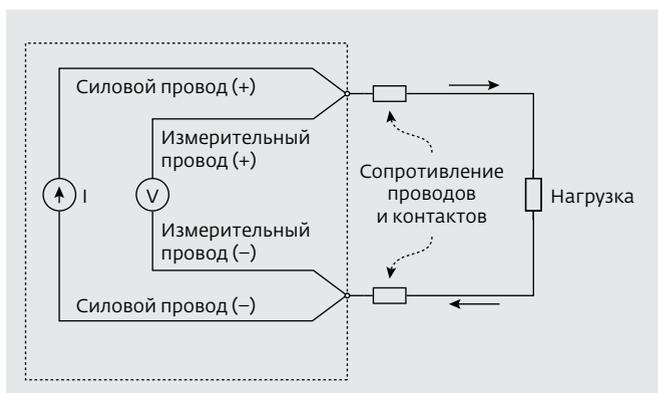


Рис.10. Двухпроводной метод подключения

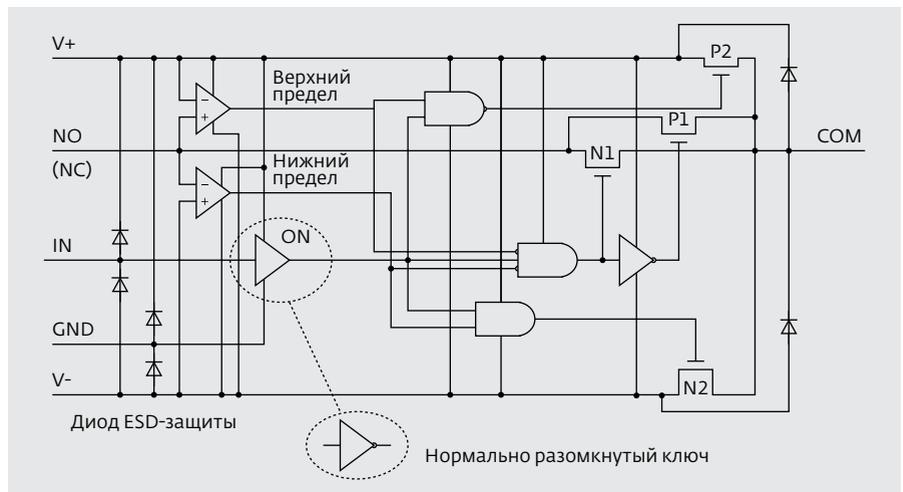


Рис.9. Схема построения защиты нормально открытого аналогового ключа от неисправностей

более входов в соответствии с поданным цифровым кодом подключается к выходному контакту. Простейшим примером мультиплексора может служить одноканальный двухполюсный ключ (SPDT), другие разновидности мультиплексоров показаны на рис.13. Так как для выбора нужного входа необходимы соответствующие входы цифрового сигнала (например, для восьмивходового мультиплексора нужны три входа цифрового сигнала), схема управления мультиплексором аналогична схеме двоичного декодера.

Демультимплексор – фактически мультиплексор в обратном включении, т.е. один вход подключен к одному из нескольких выходов в соответствии с декодированным управляющим кодом. Многие мультиплексоры могут быть использованы как демультимплексоры (вследствие симметричности входов и выходов аналоговых ключей).

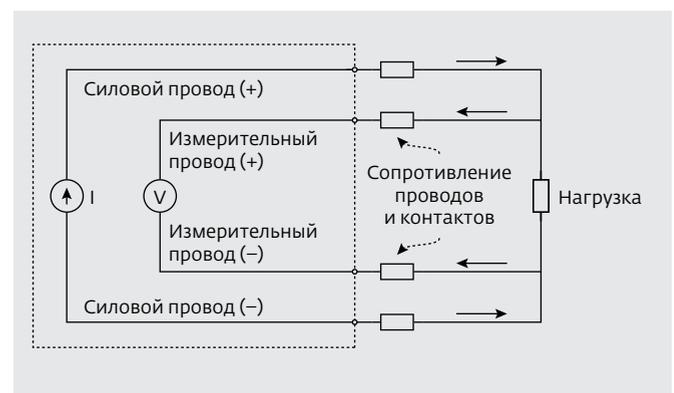


Рис.11. Четырехпроводной метод подключения измерительных цепей

Таблица 6. Характеристики современных матричных переключателей

Наименование	Функция	Коэффициент изоляции в выключенном состоянии, дБ	Переходное затухание, дБ	Полоса пропускания на уровне -3 дБ, МГц	Напряжение питания, В	Корпус	Площадь на плате, мм ²
MAX4989	2 2-из-4; двунаправленный	-43 (на 10 МГц)	-50 (на 50 МГц)	1000	2,7–5,5	14-TDFN-EP	9,6
MAX4548/ MAX4549	3×3:2	-72 (на 10 МГц) -85 (на 20 кГц)	-55 (на 10 МГц) -85 (на 20 кГц)	250	2,7–5,5	36-SSOP	163,4
MAX4550/ MAX4570	2×4:2	-78 (на 4 МГц)	-54 (на 4 МГц)	–	2,7–5,5 или ±(2,7–5,5)	28-SOIC(W)/ SSOP	192,8
MAX4359	4×4	-80 (на 5 МГц)	-70 (на 5 МГц)	35	±5	24-SOIC(W)/ 36-SSOP	163,4
AX4360*	8×4	-80 (на 5 МГц)	-70 (на 5 МГц)	35	±5	36-SSOP	163,4
MAX9675	16×16	-110 (на 6 МГц)	-62 (на 6 МГц)	110	±5	100-TQFP	262,4
MAX4356	16×16	-110 (на 6 МГц)	-62 (на 6 МГц)	110	5, ±3 или ±5	128-LQFP	359,6
MAX4357	32×16	-110 (на 6 МГц)	-62 (на 6 МГц)	110	5, ±3 или ±5	128-LQFP	359,6

Примечание: *MAX4511/4512/4513 совместимы по выводам с ключами, отвечающими стандартам DGC4П–DG413 и DG210/DG292/DG213

Характеристики многих современных матричных переключателей, поставляемых компанией Maxim, улучшены по сравнению с ранними моделями (табл.6).

Матричные переключатели используются в маршрутизаторах аудио/видеопотоков, устройствах видео-по-запросу, системах безопасности и видеонаблюдения. Обычно они представляют собой матрицу $M \times N$, один или все M -входы которой могут быть подключены к одному или всем N -выходам (и наоборот). Такие устройства, как правило, можно объединять для получения матриц большего размера [4].

Калибровочные мультиплексоры для компенсации смещения и подстройки усиления АЦП используются в прецизионных АЦП и других самоконтролируемых устройствах. В одном корпусе объединены несколько различных устройств: аналоговые ключи, способные генерировать на выходе точные напряжения, задаваемые подключенным

к входу опорным источником; встроенные прецизионные резисторные делители и мультиплексоры для переключения входов. Мультиплексоры компенсируют две основные ошибки, характерные для АЦП: смещение нуля и ошибки усиления. С помощью встроенного прецизионного делителя напряжения подобные устройства за несколько этапов измеряют значение смещения и коэффициент усиления в соответствии с командами управляющего микроконтроллера, поступающими через последовательный интерфейс. Зная смещение и ошибку усиления, системное ПО вычисляет соответствующие поправочные коэффициенты, формируя на выходе системы правильные значения измеряемых величин. В дальнейшем калибровочные мультиплексоры используются для коммутации на вход АЦП одного из нескольких входных сигналов, однако в любой момент их можно переключить в режим повторной калибровки [5].

Таблица 7. Характеристики ключей для интерфейса USB 2.0

Наименование	Функция	R_{ON} , макс., Ом	$I_{L(OFF)}$, макс., нА	Рассогласование R_{ON} по каналам, макс., Ом	Нелинейность R_{ON} , макс., Ом	t_{ON}/t_{OFF} , макс., нс	C_{ON}/C_{OFF} , тип., пФ	Инжекция заряда, тип., пКл	Полоса пропускания, МГц	Напряжение питания, В
MAX14578E	2 SPST; NO	–	–	–	–	–	–	–	–	2,8–5,5
MAX14508E/ MAX14509AE/ MAX14510E	1 DPDT; двунаправленный	5	10000	–	0,02°	60000/ 5000	8/8	–	950	2,7–5
MAX14550E	1 DP3T	6,5	250	–	0,1	00000/ 5000	5,5/2	–	1000	2,8–5,5
MAX14531E/ MAX14532E	1 DP3T	2	2000	–	–	250000/ 6000	8/5	–	800	2,7–5,5
MAX4999	8 8:1 мух	12	1000	0,8	–	10000/ 10000°	6/5	–	200	3–3,6
MAX4983E/ MAX4984E	1 DPDT; двунаправленный	10	250	1	0,1°	100000/ 5000	6,5/5,5	–	950	2,8–5,5
MAX4906/ MAX4906F	2 SPDT; NO-NC	7	1000	1,2	1°	60/30	6/2	5	1000	3–3,6
MAX4907/ MAX4907F	2 SPST; NO	7	1000	1,2	1°	60/30	4/2	5	1000	3–3,6
MAX4906EF	2 SPDT; NO-NC	5	1000	0,8	0,5°	1,4/35°	10/9	20	500	3–3,6
MAX4899AE/ MAX4899E	4:1 мух/3:1 мух	5	1000	0,8	1,1	2800/3	15/10,5	25	425	2,7–3,6

Примечание: *MAX4511/4512/4513 совместимы по выводам с ключами, отвечающими стандартам DG411–DG413 и DG201/DG202/DG213.

В руководстве по применению 5036 компании Maxim Calibration Circuit Library (Библиотека калибровочных схем) описано множество разнообразных калибровочных схем, в которых в том числе используется мультиплексор MAX4539 (рис.14). Ключи MAX4539/4540 работают от однополярного источника на напряжение 2,7–12 В или от двухполярного источника на напряжение $\pm(2,7-6)$ В, в то время как совместимые с ними по выводам высоковольтные версии MAX4578 и MAX4579 работают от однополярного источника на напряжение 4,5–36 В или от двухполярного на напряжение $\pm(4,5-20)$ В. Для получения дополнительной информации можно обратиться к руководству по применению 261 компании

Calibration-Multiplexers Ease System Calibration (Калибровочные мультиплексоры облегчают калибровку систем).

КЛЮЧИ ИНТЕРФЕЙСОВ

Переключатели USB. Универсальный последовательный высокоскоростной интерфейс USB обеспечивает связь различных устройств стандартным способом. Он может использоваться и для питания ведомых устройств от USB-хоста. Один компьютер может располагать множеством USB-интерфейсов, при этом для маршрутизации сигналов используются аналоговые ключи [6]. Большинство современных

Таблица 8. Характеристики HDMI-ключей

Модель	Функция	R_{ON} , макс. Ом	Рассогласование R_{ON} по каналам, макс., Ом	Нелинейность R_{ON} , макс., Ом	Коэффициент изоляции в выключенном состоянии, дБ	Переходное затухание между каналами, дБ	Полоса пропускания, МГц	Напряжение питания, В
MAX14886	4 2:1 ключа NO-NC	–	–	–	–	–	5000	3–3,6
MAX4814	1 2:4 ключ, двунаправленный	12*	–	2,5°	65 (на 1 МГц)	75 (на 1 МГц)	190	4,5–5,5
MAX4929E	2 2:1 мик; NC-NO	10	8	13	70 (на 1 МГц)	75 (на 1 МГц)	40	5 или ±5
MAX4886	4 2:1 ключ NO-NC	11	0,4	0,6	58 (на 50 МГц)	-49 (на 50 МГц)	2600	3–3,6

Примечание. * Типичное значение.

USB-интерфейсов должно также обеспечивать зарядку аккумуляторов портативных устройств, подключаемых к нему [7]. Для работы с высокоскоростными устройствами малой емкости стандарта USB 2.0 необходимо использовать широкополосные ключи типа MAX14531E. Компания Maxim предлагает широкий выбор ключей, совместимых с USB 2.0 (табл.7)

и идеально подходящих для работы на скоростях до 480 Мбит/с.

HDMI-ключи. HDMI – высококачественный высокоскоростной цифровой мультимедиаинтерфейс для передачи несжатых аудио/видеоданных. Он может использоваться для соединения ТВ-приемника высокой четкости, DVD-плеера и других устройств, имеющих HDMI-интерфейс,

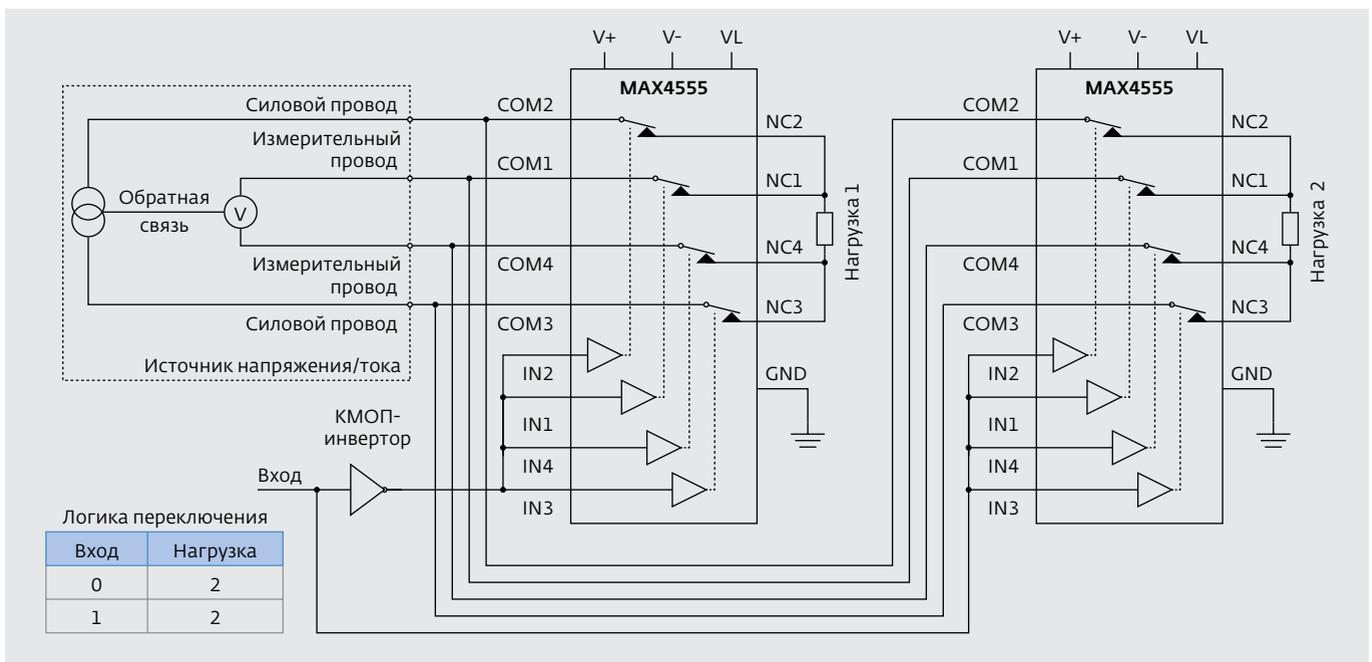


Рис.12. Использование MAX4555 для четырехпроводного подключения двух нагрузок к одному источнику

Таблица 9. Характеристики PCIe-ключей

Наименование	Функция	R_{ON} , макс., Ом	$I_{L(OFF)}$, макс., нА	Рассогласование R_{ON} по каналам, макс., Ом	t_{ON}/t_{OFF} , макс., нс	Коэффициент изоляции в выключенном состоянии, дБ	Переходное затухание между каналами, дБ	Полоса пропускания, МГц	Напряжение питания, В	Корпус
MAX4928A/ MAX4928B	6 1:2 ключей; двусторонний	8*	1000	2	120/50	-2 (на 3 ГГц)	-40 (на 3 ГГц)	10000	3–3,6	56-TQFN
MAX4888B/ MAX4888C	2 1:2 тух; двусторонний	8,4	1000	1,5	65/7*	-12 (на 8 ГГц)	-35 (на 3 ГГц)	8000	3–3,6	28-TQFN
MAX4889B	1:2 ключ; двусторонний	8,4	1000	0,5	80/1*	-12 (на 5 ГГц)	-25 (на 5 ГГц)	5000	3–3,6	42-TQFN
MAX4888A/ MAX4889A	4 SPDT/8 SPDT; двусторонний	7*	1000	2	250/50	-56 (на 10 МГц)	-53 (на 50 МГц)	5000	1,6–3,6	28-TQFN
MAX4888/ MAX4889	4 SPDT/8 SPDT; NO-NC	7*	1000	2	250/50	-56 (на 10 МГц)	-53 (на 50 МГц)	1250	1,6–3,6	28-TQFN

Примечание. *Типичное значение.

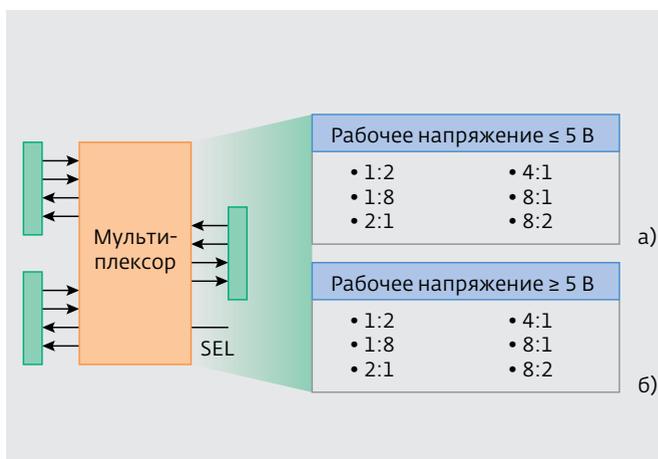


Рис.13. Конфигурация низковольтных (а) и средневольтных (б) мультимплексоров

с компьютерами, ноутбуками и планшетами или между собой. Передачу видеосигналов трех цветов (RGB) и тактового сигнала обеспечивают четыре низковольтных дифференциальных сигнала LVDS. В идеале HDMI-ключ должен содержать четыре дифференциальных переключателя 1:2 или 2:1 и использовать исключительно p-канальные транзисторы для снижения паразитной емкости и R_{ON} (как, например, MAX4886) [8]. Характеристики выпускаемых компанией HDMI-ключей приведены в табл.8.

Ключи для интерфейсов DisplayPort и PCIe (табл.9). Стандарт PCI Express задает последовательный интерфейс с гораздо большей пропускной способностью, чем у интерфейсов стандартов PCI и AGP. Ключи в цепи PCIe обеспечивают соединения нескольких источников сигналов

Таблица 10. Характеристики высоковольтных ключей

Модель	Функция	Однополярное питание, В		Двухполярное питание, В		Полоса пропускания, МГц	$I_{L(OFF)}$ макс., нА	t_{ON}/t_{OFF} макс., нс	C_{ON}/C_{OFF} тип., пФ
		Мин.	Макс.	Мин.	Макс.				
MAX14802/ MAX14803/ MAX14803A	16 SPST; NO	–	200	40	160	50	2000	5000/ 5000	36/11
MAX4800A/ MAX4800B	8 SPST; NO	40	200	40	100	20	2000	5000/ 5000	36/11
MAX4802A	8 SPST; NO	40	200	40	100	50	2000	5000/ 5000	6/11

с помощью одной или нескольких шин. Обычно PCIe-ключи используются для подключения графических систем через порт DisplayPort, а также периферийных устройств настольных и переносных компьютеров и серверов. Некоторые PCIe-ключи предназначены для передачи данных в двух возможных направлениях. Например, MAX4928A и MAX4928B поддерживают обмен данными между графическим контроллером (GMCH) и интерфейсом DisplayPort или шиной PCIe [9].

АНАЛОГОВЫЕ КМОП-КЛЮЧИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ И МЕДИЦИНСКОЙ АППАРАТУРЫ

Высоковольтные аналоговые ключи превосходно подходят для применения в разнообразных промышленных и медицинских устройствах. Например, в УЗ-установках они используются для передачи импульсов напряжения преобразователя с размахом до ± 100 В на излучающие УЗ-колебания элементы основной

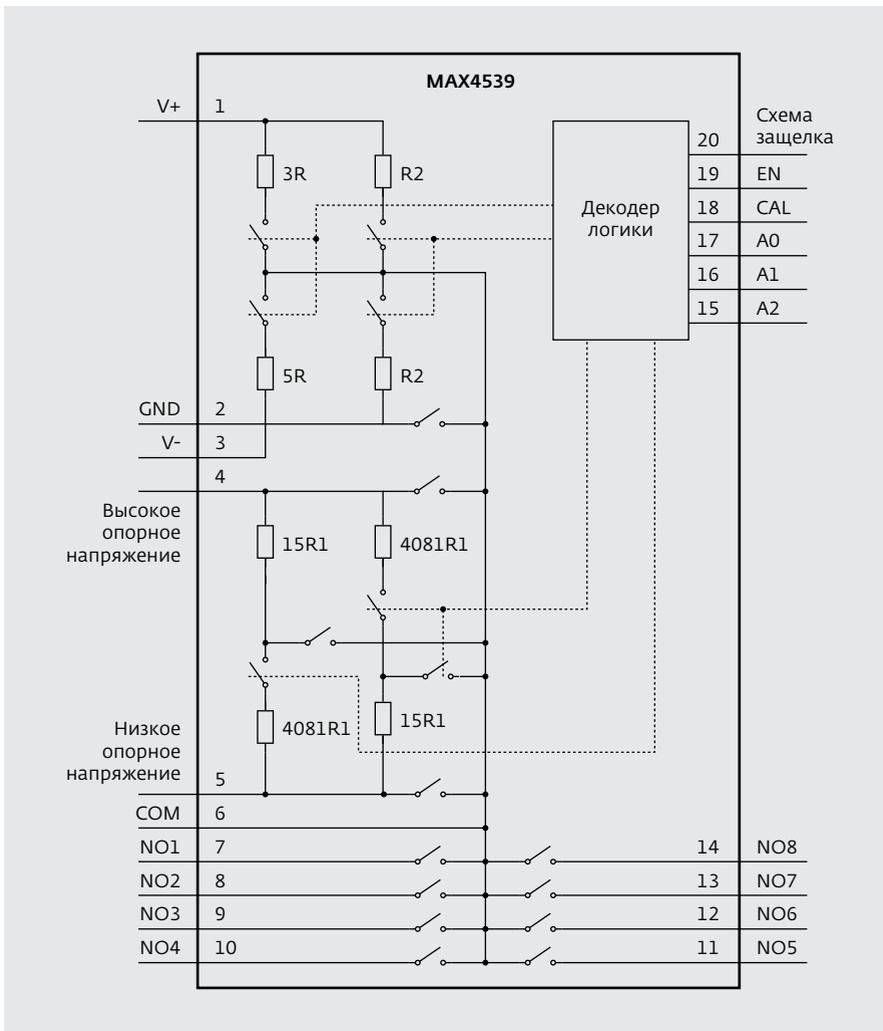


Рис.14. Блок-схема низковольтного калибровочного мультиплексора MAX4539

системы. Емкость таких ключей, а также зависимость R_{ON} от приложенного напряжения во всем диапазоне входных сигналов, как правило, должны быть минимальными (табл.10). Обычно такие ключи должны также обеспечивать минимальную инжекцию заряда из цепи управления, чтобы избежать появления синусоидальных помех и других паразитных модуляций коммутируемого сигнала. Многие высоковольтные ключи могут программироваться через SMBus- или SPI-интерфейс [10, 11].

В статье приведены основные сведения о различных типах аналоговых ключей, выпускаемых в настоящее время компанией Maxim. Благодаря новейшим достижениям полупроводниковых технологий улучшены характеристики переключения, расширен диапазон коммутируемых напряжений и напряжений

питания современных ИС аналоговых ключей. Они хорошо приспособлены к выполнению специфических задач. Поскольку существует огромный выбор рабочих параметров и специализированных функций, информированный разработчик всегда может подобрать оптимальный вариант для использования в конкретном разрабатываемом им устройстве.

Получить дополнительную информацию можно у авторизованных дистрибьюторов компании Maxim Integrated в РФ (www.maximintegrated.com/distributors).

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство по применению 3823. Switching Video Using Analog Switches.
2. Руководство по применению 764. Interfacing Switches and Relays to the Real World in Real Time.
3. Руководство по применению 2854. Low-Voltage Fault Protection.
4. Руководство по применению 795. Designing Large Video-Crosspoint Systems Just Got Easier.
5. Руководство по применению 261. Calibration-Multiplexers Ease System Calibration.
6. Руководство по применению 4372. Implementing an Eight-to-One USB Switch for KVM Applications.
7. Руководство по применению 3607. Charging Batteries from USB.
8. Руководство по применению 4056., Using the MAX4929E for HDMI/DVI Low-Frequency Switching.
9. Руководство по применению 4191. New Switch Facilitates DisplayPort/PCIe Switching.
10. Руководство по применению 5131. Maxim Addresses High-Voltage Needs in Industrial Ultrasound Applications.
11. Руководство по применению 4696. Overview of Ultrasound Imaging Systems and the Electrical Components Required for Main Subfunctions.

