

Bus Séries : I²C



I2C Agenda

- Introduction: Les Basiques de I²C
- LeCroy I²C Décode
- LeCroy I²C Déclenchement

I2C Présentation

- I²C: Inter IC
- Maintenu à une norme définie par Philips Semiconductor
- Master-Slave système avec des adresses définies pour chaque esclave
- Vitesse du Bus de 100 kHz à 3.4 MHz
- Le Bus I²C contient 3 fils
 - SDA (Data)
 - SCL (Clock)
 - Masse
- Marché:
 - Marché de l'embarqué - les communications entre les périphériques

I²C est un bus qui a émergé de la « guerre des standards » lancée par tous les acteurs du monde électronique. Ainsi, dans votre téléviseur, tous les ensembles sont sur un bus I²C (récepteur de la télécommande, réglages des amplificateurs basses fréquences, tuner, horloge, gestion de la prise péritel, etc.).

Il existe d'innombrables périphériques exploitant ce bus, il est même implémentable par logiciel dans n'importe quel microcontrôleur. Le poids de l'industrie de l'électronique grand public a permis des prix très bas aux nombreux composants.

<http://fr.wikipedia.org/wiki/I²C>

Les données sont transmises en série de manière synchrone; cela signifie que les informations sont envoyées à la suite sur le même fil (une donnée par coup d'horloge), contrairement à une communication parallèle où plusieurs données sont envoyées en même temps, mais sur différents fils. Par nature les protocoles séries sont donc, à fréquence constante, beaucoup plus lents qu'une connexion parallèle, cependant l'I²C convient tout à fait à toutes les applications où la vitesse n'est pas primordiale.

I²C Fonctionnement

Le périphérique qui gère la communication est le maître, c'est lui qui génère l'horloge (SCL) et qui envoie les données (SDA) mis à part l'acknowledge (acquiescement en français).

L'horloge n'est pas une « véritable » horloge, dans le sens où les ton et toff peuvent varier les uns par rapport aux autres.

L'acquiescement est un 'bit' envoyé par le composant esclave pour indiquer qu'il a bien reçu toutes les données ; si c'est le cas l'esclave impose le niveau 0, sinon la résistance de pull-up maintient la ligne à 1, on dit alors qu'il n'y a pas d'acknowledge. (NACK qui veut dire "non acknowledge" en anglais)

Au début de la communication SDA passe de 1 à 0 alors que SCL reste à 1, c'est le StartBit.

Après avoir imposé la condition de départ, le maître passe SCL à 0 puis applique ensuite sur SDA le bit de poids fort. Il latch (verrouille) la donnée en appliquant pendant un instant un niveau #1 sur la ligne SCL.

Lorsque SCL revient à #0, il recommence l'opération avec le bit inférieur jusqu'à ce que l'octet complet soit transmis.

Il redéfinit ensuite SDA comme une entrée et scrute son état ; l'esclave doit alors imposer un niveau #0 pour signaler au maître que la transmission s'est effectuée correctement, c'est l'acknowledge, la communication peut donc continuer.

Si l'esclave n'envoie pas l'acknowledge les résistances de pull-up maintiennent la ligne à #1. La communication peut alors être arrêtée, ou reprendre à zéro (dépend de la configuration), c'est le rôle du bit de STOP StopBit.

Le StopBit indiquant la fin de la transmission par le maître est effectué en appliquant un passage de 0 à 1 de SDA alors que SCL reste lui à 1.

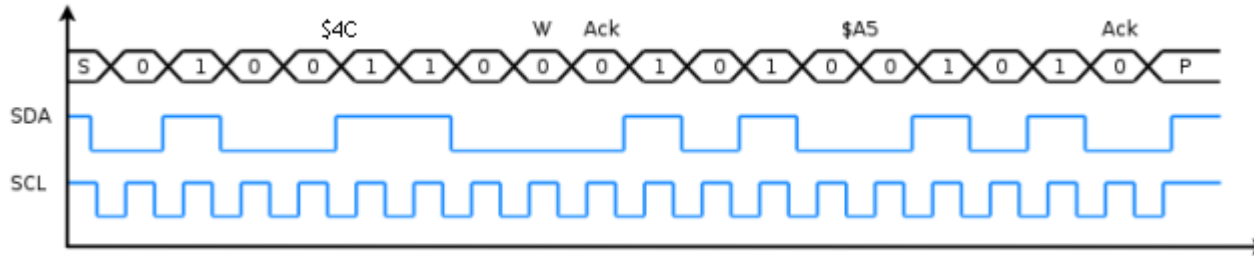
Le premier octet envoyé est l'adresse, il est composé de 7bits variable selon le composant et du bit de read/write (0 pour write, 1 pour read).

Le second octet peut être le byte de contrôle sur certains composants, ou directement la donnée.

<http://fr.wikipedia.org/wiki/I²C>

I²C Fonctionnement

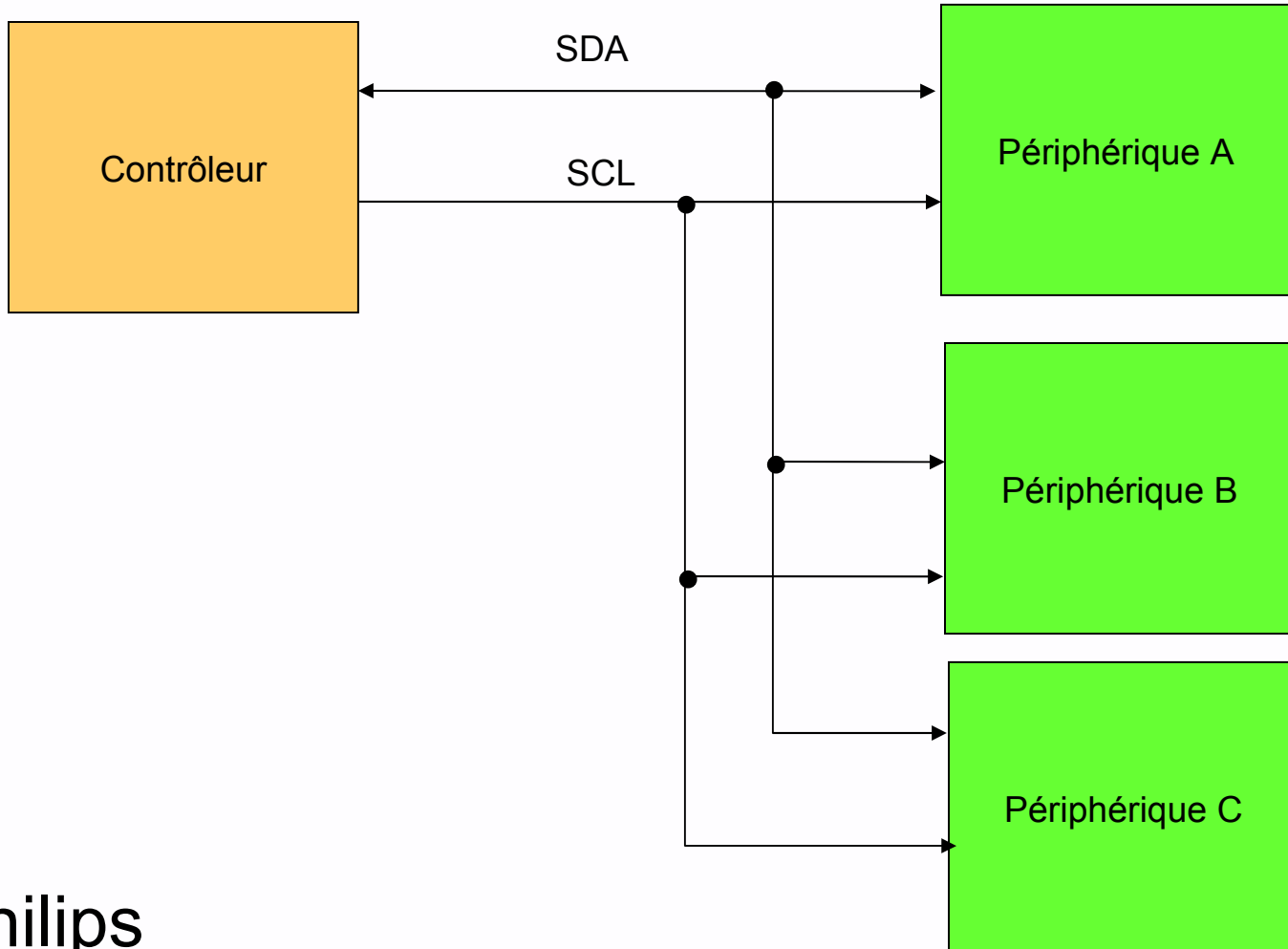
Exemple de communication I²C:



La communication commence par le StartBit
puis l'adresse, (sur 8bits \$4C) avec bit de read/write à 0
l'acknowledge (Ack)
un octet de données (\$A5)
de nouveau l'acknowledge (Ack)
et enfin le StopBit.

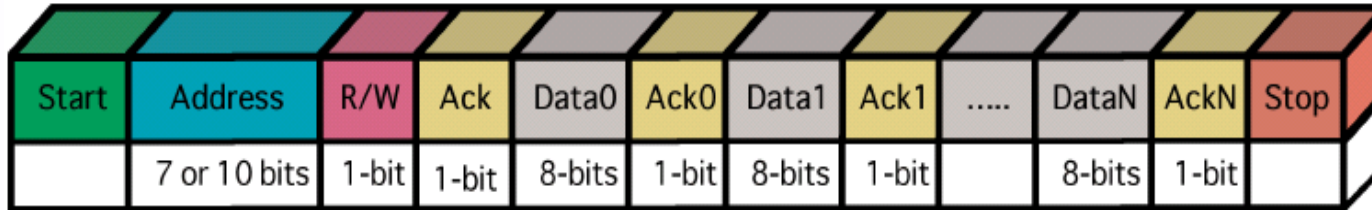
<http://fr.wikipedia.org/wiki/I²C>

I2C Bus Cablage



- Philips

I2C Structure du Message



- AcknowledgeBit (Ack): Bit Adressage

- Data Bytes: 1 to 1000s of Bytes

- Stop Bit: Fin du Message I2C

- Start Bit: Début du message I2C

- Address: 7 or 10-bits

- ReadWrite Bit (R/W) : Indication de la direction de la Data

- AcknowledgeBit (Ack): Bit Adressage



I2C 7 and 10-bit Address Structure

• 7-bit addressing



• 10-bit addressing



Plus d'un périphérique peut être reconnu

Uniquement un seul périphérique esclave sera reconnu

Uniquement un seul
périphérique esclave sera
reconnu

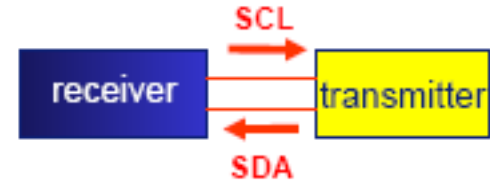
I2C Read and Write Message Structure

Lecture depuis le maître



"1" = Read

Chaque octet est reconnu par le maître (sauf le dernier ,
juste avant la condition STOP)



Ecriture depuis le maître

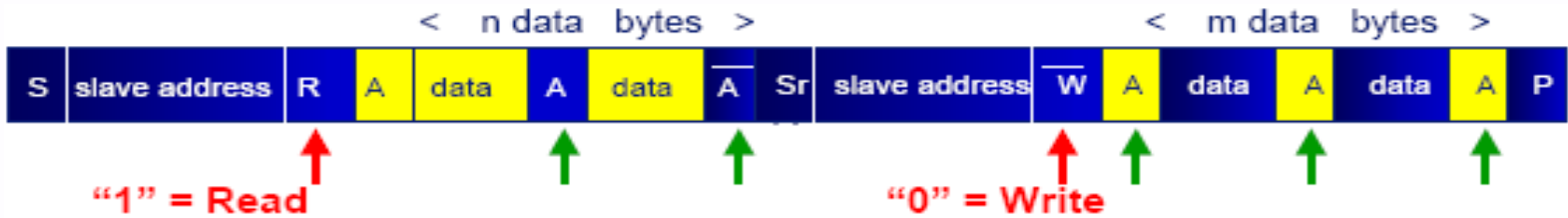


"0" = Write

Chaque octet est reconnu par l'esclave



I2C Combined Read/Write Message Structure

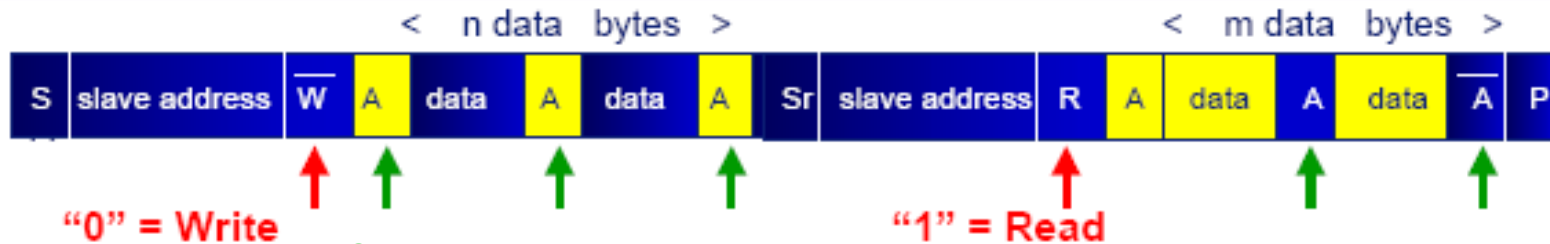


"1" = Read

Chaque octet est reconnu par le périphérique maître (sauf le dernier, juste avant la condition RE-START)

"0" = Write

Chaque octet est reconnu par le périphérique esclave



"0" = Write

Chaque octet est reconnu par le périphérique esclave

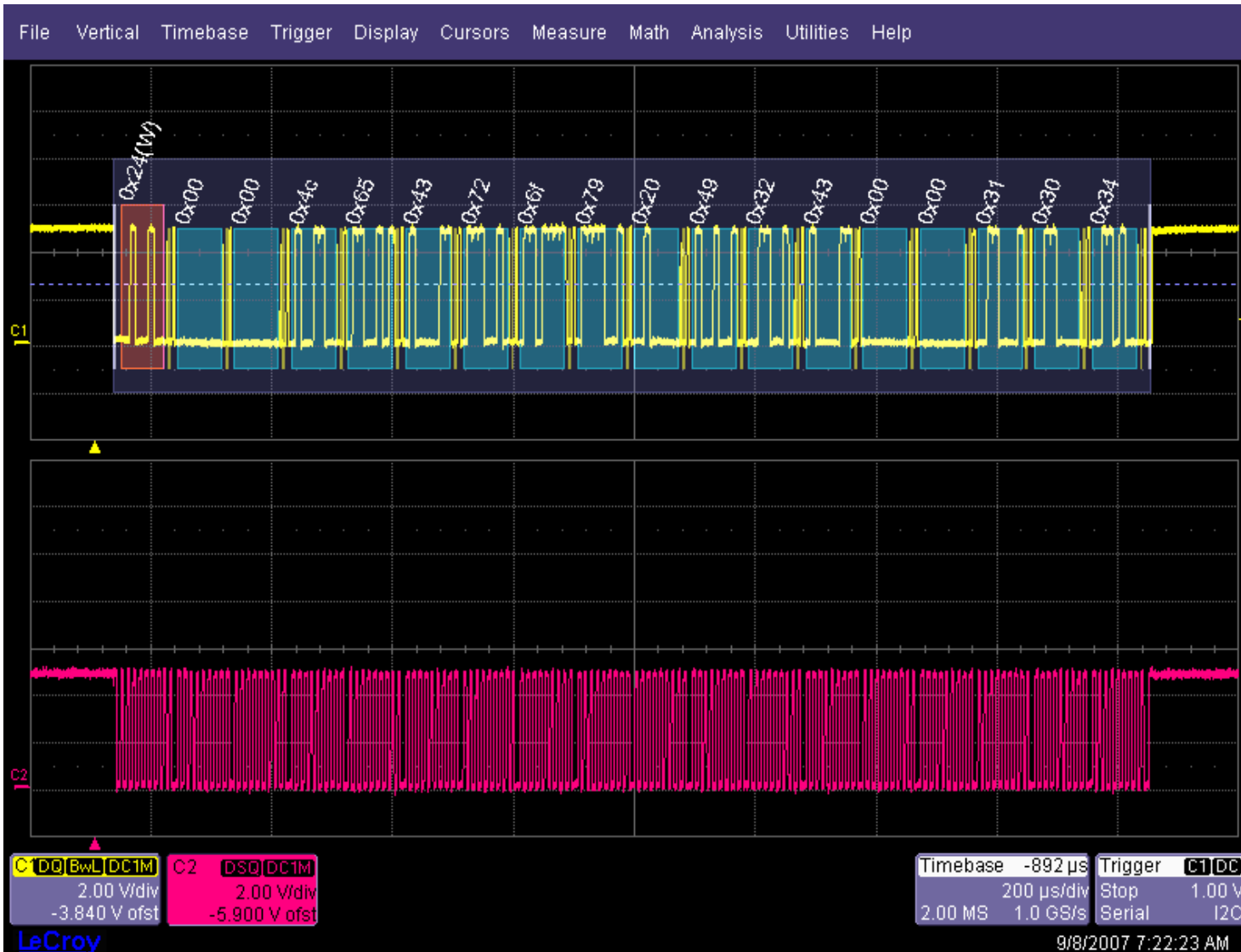
"1" = Read

Chaque octet est reconnu par le périphérique maître (sauf le dernier, juste avant la condition STOP)



LeCroy I2C Decode

I2C Data & Clock Signal

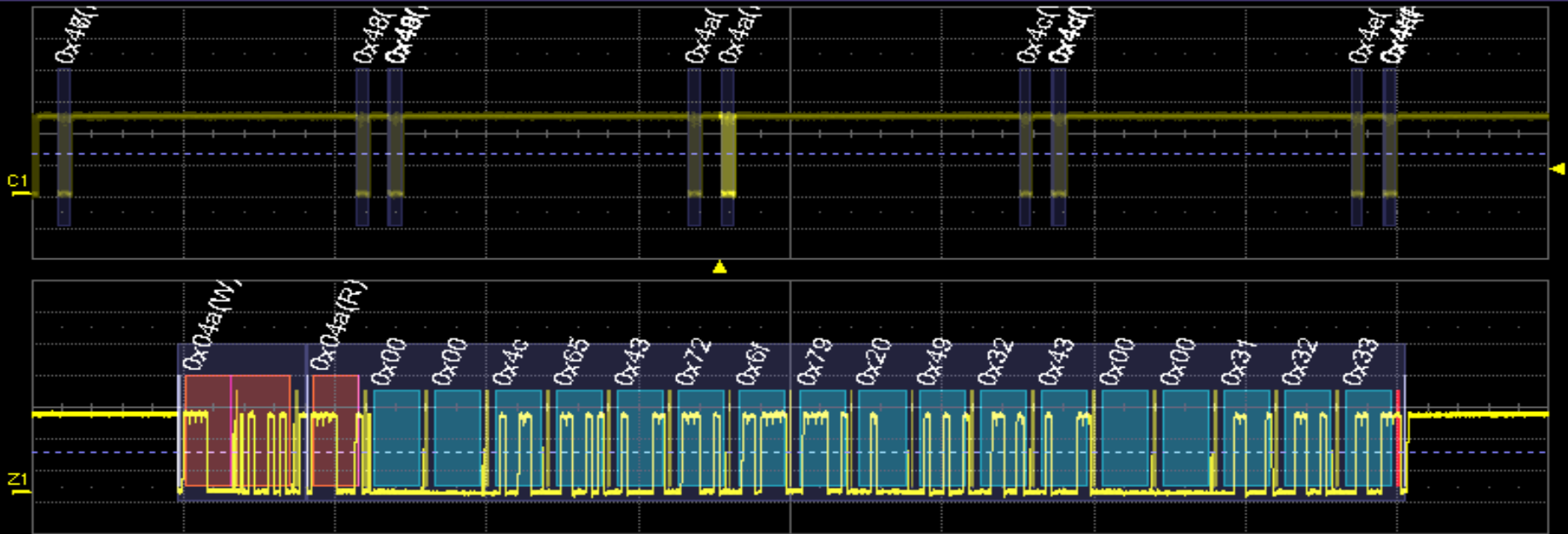


Data
(SDA)

Clock
(SCL)

I2C Hex Data Visualisation

File Vertical Timebase Trigger Display Cursors Measure Math Analysis Utilities Help



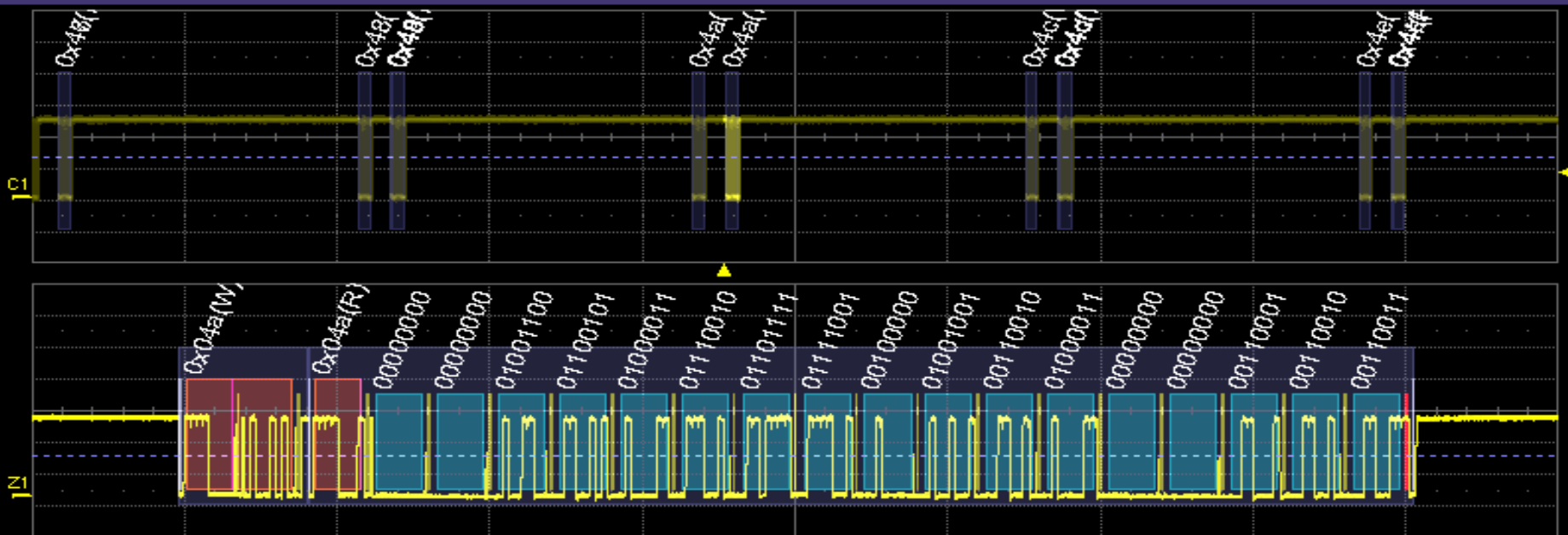
Idx	Time	Addr Length	Address	R/W	Length	Data
7	30.6149 μs	10	0x04a	W	0	
8	233.132 μs	10	0x04a	R	17	0x00 00 4c 65 43 72 6f 79 20 49 32 43 00 00 31 32 33
9	39.3910 ms	7	0x4c	W	17	0x00 00 4c 65 43 72 6f 79 20 49 32 43 00 00 31 32 34
10	43.6216 ms	7	0x4c	W	1	0x00
11	43.8241 ms	7	0x4d	R	17	0x00 00 4c 65 43 72 6f 79 20 49 32 43 00 00 31 32 34
12	83.0756 ms	7	0x4e	W	17	0x00 00 4c 65 43 72 6f 79 20 49 32 43 00 00 31 32 35
13	87.3061 ms	7	0x4e	W	1	0x00
14	87.5087 ms	7	0x4f	R	17	0x00 00 4c 65 43 72 6f 79 20 49 32 43 00 00 31 32 35

C1 DC BwL DC1M Z1 zoom(C1)
 2.00 V/div 2.00 V/div
 -3.840 V ofst 240 μs/div

Timebase -9.2 ms Trigger C1 DC
 20.0 ms/div Stop 1.00 V
 2.00 MS 10 MS/s Serial I2C

I2C Binaire Visualisation

File Vertical Timebase Trigger Display Cursors Measure Math Analysis Utilities Help



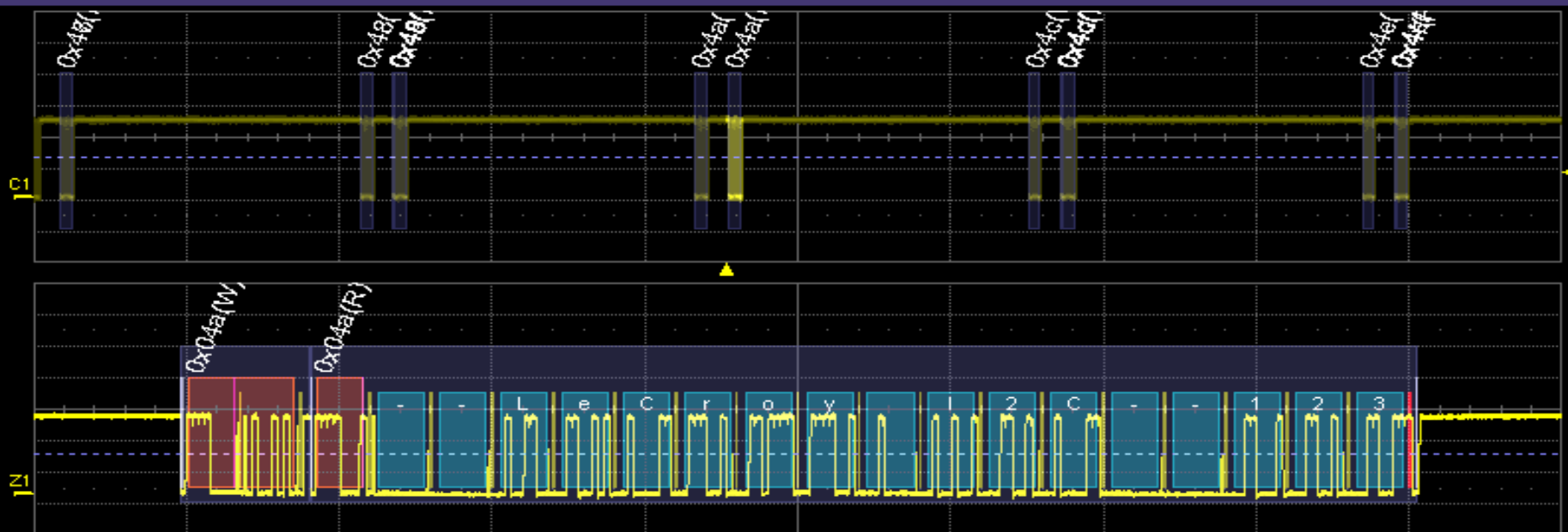
Idx	Time	Addr Length	Address	R/W	Length	Data
7	30.6149 µs	10	0x04a	W	0	
8	233.132 µs	10	0x04a	R	17	00000000 00000000 01001100 01100101 01000011 01110010 01101111 011...
9	39.3910 ms	7	0x4c	W	17	00000000 00000000 01001100 01100101 01000011 01110010 01101111 011...
10	43.6216 ms	7	0x4c	W	1	00000000
11	43.8241 ms	7	0x4d	R	17	00000000 00000000 01001100 01100101 01000011 01110010 01101111 011...
12	83.0756 ms	7	0x4e	W	17	00000000 00000000 01001100 01100101 01000011 01110010 01101111 011...
13	87.3061 ms	7	0x4e	W	1	00000000
14	87.5087 ms	7	0x4f	R	17	00000000 00000000 01001100 01100101 01000011 01110010 01101111 011...

C1 DQ BwL DC1M
 Z1 zoom(C1)
 2.00 V/div 2.00 V/div
 -3.840 V ofst 240 µs/div

Timebase -9.2 ms Trigger C1 DC
 20.0 ms/div Stop 1.00 V
 2.00 MS 10 MS/s Serial I2C

I2C ASCII Visualisation

File Vertical Timebase Trigger Display Cursors Measure Math Analysis Utilities Help

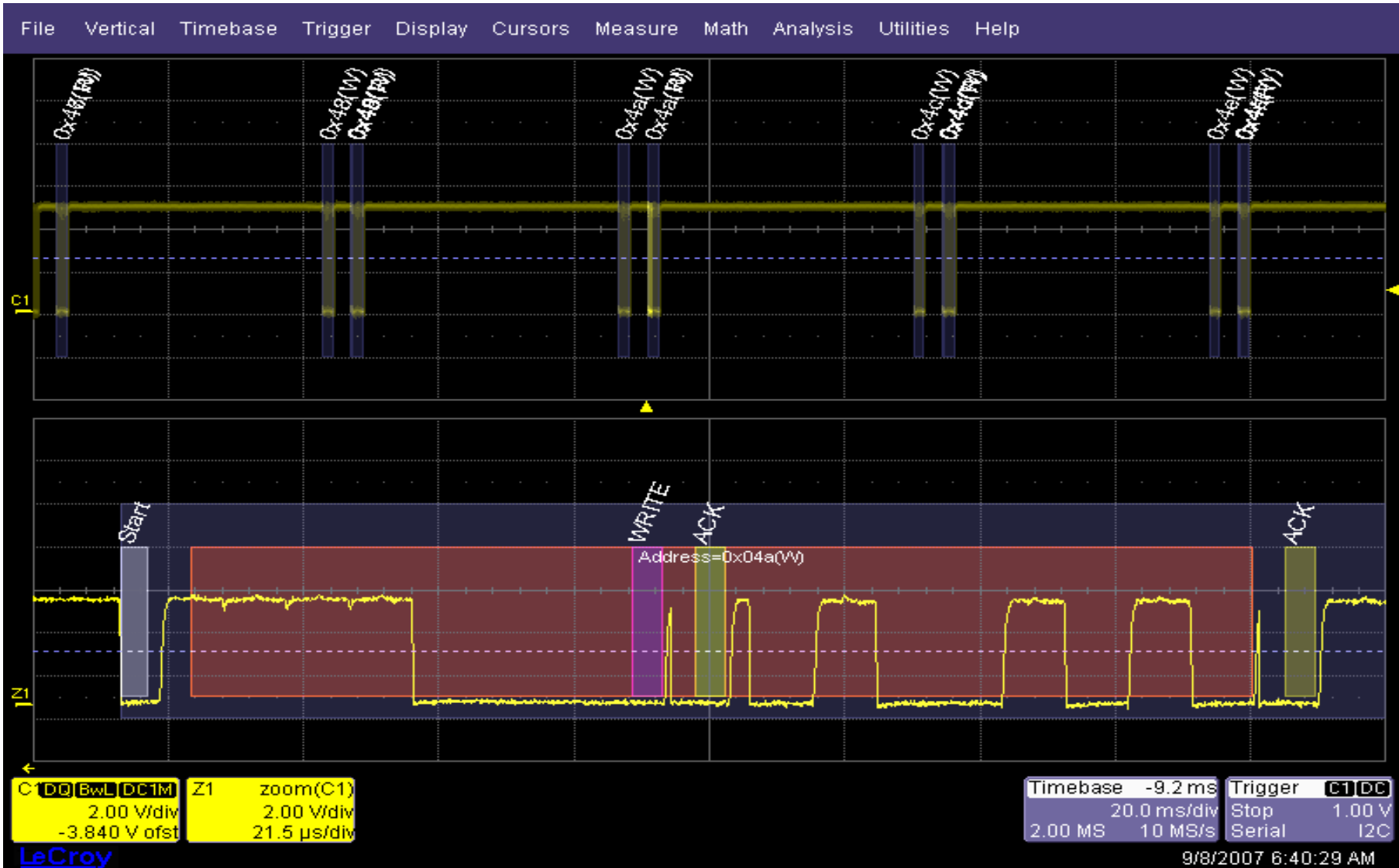


Idx	Time	Addr Length	Address	RW	Length	Data
7	30.6149 μs	10	0x04a	W	0	
8	233.132 μs	10	0x04a	R	17	' LeCroy I2C 123'
9	39.3910 ms	7	0x4c	W	17	' LeCroy I2C 124'
10	43.6216 ms	7	0x4c	W	1	"
11	43.8241 ms	7	0x4d	R	17	' LeCroy I2C 124'
12	83.0756 ms	7	0x4e	W	17	' LeCroy I2C 125'
13	87.3061 ms	7	0x4e	W	1	"
14	87.5087 ms	7	0x4f	R	17	' LeCroy I2C 125'

C1: [D0] [BwL] [DC1M] Z1: zoom(C1)
 2.00 V/div 2.00 V/div
 -3.840 V ofst 240 μs/div

Timebase -9.2 ms Trigger C1 [DC]
 20.0 ms/div Stop 1.00 V
 2.00 MS 10 MS/s Serial I2C

I2C Message Details



I2C Trigger - Déclenchement

I2C Trigger Type "Start Trigger"

File Vertical Timebase Trigger Display Cursors Measure Math Analysis Utilities Help

C1 **DC** **BwL** **DC1M** **Z1** zoom(C1)
 2.00 V/div 2.00 V/div
 -3.840 V ofst 34.0 μ s/div

Tbase -60.0 ms **Trigger** **C1** **DC**
 20.0 ms/div Normal 1.00 V
 2.00 MS 10 MS/s Serial I2C

Trigger I2C Close

Source Setup SDA (DATA) <input type="text" value="C1"/> SCL (CLK) <input type="text" value="C2"/> Threshold <input type="text" value="1.00 V"/>	Trigger Type <input type="button" value="Start"/> <input type="button" value="Stop"/> <input type="button" value="Restart"/> <input type="button" value="No Ack"/> <input type="button" value="Addr"/> <input type="button" value="Addr+Data"/> <input type="button" value="Frame Length"/> <input type="button" value="EE PROM"/>	Setup Format <input type="button" value="Binary"/> <input type="button" value="7 Bits"/> <input type="button" value="10 Bits"/> <input type="button" value="Hex"/> <input type="text" value="XX"/> <input type="checkbox"/> Include R/W Bit <input checked="" type="checkbox"/> Direction <input type="button" value="Don't Care"/>	Data Pattern Setup Data Value <input type="text" value="XX"/> Data Value To <input type="text" value="FF"/> Condition <input type="button" value="Equal"/> <input type="button" value="Length"/> <input type="button" value="At Position"/> <input type="text" value="1 byte"/> <input type="button" value="Don't Care"/>	Ack Setup <input type="button" value="X"/> <input type="button" value="No Ack"/> <input type="button" value="Ack"/>
--	--	---	--	---

I2C Trigger Type "Restart Trigger"

File Vertical Timebase Trigger Display Cursors Measure Math Analysis Utilities Help

C1 2.00 V/div -3.840 V ofst

Z1 zoom(C1) 2.00 V/div 34.0 μs/div

Tbase -60.0 ms 20.0 ms/div 2.00 MS 10 MS/s

Trigger **C1 DC** Stop 1.00 V Serial I2C

Trigger I2C

Source Setup
 SDA (DATA) C1
 SCL (CLK) C2
 Threshold 1.00 V

Trigger Type
 Start Stop Restart
 No Ack Addr Addr+Data
 Frame Length EE PROM

Setup Format
 Binary 7 Bits 10 Bits
 Hex Address XX
 Include RW Bit
 Direction Don't Care

Data Pattern Setup
 Data Value XX
 Data Value To FF
 Condition Equal Length 1 byte
 At Position Don't Care

Ack Setup
 X
 No Ack
 Ack

LeCroy 9/8/2007 7:09:24 AM

I2C Trigger Type "Stop Trigger"

File Vertical Timebase Trigger Display Cursors Measure Math Analysis Utilities Help

C1 **DC** **BwL** **DC1M** **Z1** zoom(C1)
 2.00 V/div 2.00 V/div
 -3.840 V ofst 34.0 μ s/div

Tbase -60.0 ms Trigger **C1 DC**
 20.0 ms/div Stop 1.00 V
 2.00 MS 10 MS/s Serial I2C

Trigger I2C Close

Source Setup SDA (DATA) C1 SCL (CLK) C2 Threshold 1.00 V	Trigger Type Start Stop Restart No Ack Addr Addr+ Data Frame Length EE PROM	Setup Format Binary 7 Bits 10 Bits Hex Address XX Include RW Bit <input checked="" type="checkbox"/> Direction Don't Care	Data Pattern Setup Data Value XX Data Value To FF Condition Equal Length 1 byte At Position Don't Care	Ack Setup No Ack Ack
---	---	--	---	-----------------------------------

I2C Trigger Type "Address"

File Vertical Timebase Trigger Display Cursors Measure Math Analysis Utilities Help

C1 [DQ] [BwL] [DC1M] 2.00 V/div -3.840 V ofst

Z1 zoom(C1) 2.00 V/div 34.0 μ s/div

Tbase -60.0 ms 20.0 ms/div 2.00 MS 10 MS/s

Trigger **C1** [DC] Stop 1.00 V Serial I2C

Trigger I2C Close

Source Setup
 SDA (DATA) C1
 SCL (CLK) C2
 Threshold 1.00 V

Trigger Type
 Start Stop Restart
 No Ack **Addr** Addr+ Data
 Frame Length EE PROM

Setup Format
 Binary 7 Bits 10 Bits
 Hex **Address** 4C
 Include R/W Bit
 Direction Write

Address Setup
 Address 4C

Data Pattern Setup
 Data Value XX
 Data Value To FF
 Condition Equal
 Length 1 byte
 At Position Don't Care

Ack Setup
 No Ack
 Ack

I2C Trigger Type "Address & Data"

File Vertical Timebase Trigger Display Cursors Measure Math Analysis Utilities Help

C1 **DC** **BwL** **DC1M** **Z1** zoom(C1)
 2.00 V/div 2.00 V/div
 -3.840 V ofst 34.0 μ s/div

Tbase -60.0 ms Trigger **C1** **DC**
 20.0 ms/div Stop 1.00 V
 2.00 MS 10 MS/s Serial I2C

Trigger I2C Close

Source Setup SDA (DATA) C1 SCL (CLK) C2 Threshold 1.00 V	Trigger Type Start Stop Restart No Ack Addr Addr+ Data Frame Length EE PROM	Setup Format Binary 7 Bits 10 Bits Hex Address 4C Include R/W Bit <input checked="" type="checkbox"/> Direction Write	Data Pattern Setup Data Value 72 Data Value To FF Condition Equal Length 1 byte At Position Don't Care	Ack Setup <input checked="" type="checkbox"/> No Ack Ack
---	--	---	---	--

LeCroy 9/8/2007 7:13:12 AM

I2C Trigger Type “Frame Length”

File Vertical Timebase Trigger Display Cursors Measure Math Analysis Utilities Help

Source Setup

SDA (DATA)
C1

SCL (CLK)
C2

Threshold
1.00 V

Trigger Type

Start Stop Restart

No Ack Addr Addr+ Data

Frame Length EE PROM

Setup Format

Binary 7 Bits 10 Bits

Hex **Address** 4C

Include R/W Bit

Direction Write

Data Length Setup

Bytes Length

1 byte

Bytes Length Max

2047 bytes

Condition

Equal

At Position

Don't Care

Ack Setup

No Ack

Ack

Trigger I2C

Close

Parameters:

- C1: 2.00 V/div, -3.840 V ofst
- Z1: zoom(C1), 2.00 V/div, 34.0 μ s/div
- Tbase: -60.0 ms, 20.0 ms/div, 2.00 MS, 10 MS/s
- Trigger: C1 DC, Stop 1.00 V, Serial I2C

I2C Trigger Type "No Ack"

File Vertical Timebase Trigger Display Cursors Measure Math Analysis Utilities Help

C1 [DC] [BwL] [DC1M] 2.00 V/div -3.840 V ofst
Z1 zoom(C1) 2.00 V/div 34.0 μ s/div

Tbase -60.0 ms 20.0 ms/div 2.00 MS 10 MS/s
 Trigger **C1** [DC] Stop 1.00 V Serial I2C

Trigger I2C [Close]

Source Setup SDA (DATA) <input type="text" value="C1"/> SCL (CLK) <input type="text" value="C2"/> Threshold <input type="text" value="1.00 V"/>	Trigger Type <input type="button" value="Start"/> <input type="button" value="Stop"/> <input type="button" value="Restart"/> <input type="button" value="No Ack"/> <input type="button" value="Addr"/> <input type="button" value="Addr+Data"/> <input type="button" value="Frame Length"/> <input type="button" value="EE PROM"/>	Setup Format <input type="button" value="Binary"/> <input type="button" value="7 Bits"/> <input type="button" value="10 Bits"/> <input type="button" value="Hex"/> <input type="text" value="XX"/> Address <input type="text" value="XX"/> Include R/W Bit <input checked="" type="checkbox"/> Direction <input type="button" value="Don't Care"/>	Data Pattern Setup Data Value <input type="text" value="XX"/> Data Value To <input type="text" value="FF"/> Condition <input type="button" value="Equal"/> At Position <input type="button" value="Don't Care"/> Length <input type="text" value="1 byte"/>	Ack Setup <input type="button" value="X"/> <input type="button" value="No Ack"/> <input type="button" value="Ack"/>
--	--	--	--	---

I2C Trigger Type "EEPROM"

File Vertical Timebase Trigger Display Cursors Measure Math Analysis Utilities Help

C1 DC BwL DC1M Z1 zoom(C1)
 2.00 V/div 2.00 V/div
 -3.840 V ofst 34.0 μ s/div

Tbase -60.0 ms Trigger C1 DC
 20.0 ms/div Single 1.00 V
 2.00 MS 10 MS/s Serial I2C

Source Setup	Trigger Type	Setup Format	Address Setup	Data Pattern Setup	Ack Setup
SDA (DATA) C1	Start	Binary	7 Bits	Data Value 00	No Ack
SCL (CLK) C2	Stop	Hex	10 Bits	Data Value To FF	Ack
Threshold 1.00 V	No Ack	Include R/W Bit <input checked="" type="checkbox"/>	Address AX	Condition Equal	
	Addr	Direction Don't Care		At Position Value	
	Addr+ Data			Length 1 byte	
	Frame Length			Byte Position 2	
	EE PROM				

Waiting for Trigger

**Plus d'informations
le site www.lecroy.fr**

christophe.bonnin@lecroy.com