# 8）LPO ¯ ±

Đ 0

g é • ¯ V1.2

é z « 2025-07-30

copyright © 2025 i H à Ì

• ´ Ñ *f*

copyright © 2025 i H à Ì

‘ + Î † C Î Ò ¢ %² ä Ó ïož

**Ì ± ñ i 2 o ì ùÐŽ0HÕ • ×v€** µ • U k ` ~ % y y K ± Y ` ~ • ” ê ¥ ” + Î † B ã ê ¶ B Ä g Ö ò o • d

£ o • Õ a o • “ w o • n n o • ì è ¿ U § ˆ o • 1 ¿ B ã ê ¶ B 9 Œ (ož

o• y ¿ U i H à Ì Œ ö ® i H à Ì Œ öož

Î † U C ¿ U ñ Ä Œ ö ê h Æ Œ ö k _ ñ Ä K ( Äož

± • Ñ *f*

**Ó ñ Æ 1 D } o • Æ ê Ô Å ˆ • I Œ ` c y Ú . ³ Ø k Î † T B ã ê ¶ B D } o • Æ ê Ô Å U**
**¨ Ó Æ 1 ê … 8 $ Äož ” ³ ` c P Ä ³ k i H à Ì + Î † Ä Ÿ ` ~ ¢ P ê ó P Ò ¢ ê ‘ šož**

Î † ñ U C ` ~ † • ÷ ^ d f o • e N o • T ì £ ˆ ’ Î N ˆ ï @ ð k i H à Ì w ¢ P o • ó P ê P
< ï … ` ~ † • ÷ ^ k - + † • ÷ ^ Å o • ¶ Å ` c ` • Å Ÿ ` ~ ® ê ‘ šož Ó • ÿ
G ¬ } g # + … † • ÷ ^ w B ± ` c I Óož Ó œ … † • ÷ ^ ò - %² ä Î • ê C k i H à Ì
` ~ Á ` ož

9 D } Í Î ´ ê ¿ U = œ k Î † Ä k Ê g ¾ • ož i H à Ì ‘ ¨ Z Ä ` ~ * = ê ñ U P Õ Ñ
+ † Ä g “ w Ó ïož

**+ ` c\|à©¥©Ì¥WÆ¿ÜB¶ 6 ÷HÐx¥DÐ@¶ÖÖ¤HÐ}hê•Ð¤PÇëÍÇ•XÀ@bVÀ©W•ÐH@•tZ@ê¬gÆEt€GæùÐÐÙìàÍÍ&**

# ø W

**E L**

**Î † œ ¨ ã ä** AIGC ´ ‘ ¶ à Ì ° % ² Ð µ 8 ë k ‹ µ M Ž 4 LPO % ² ë = ò Y C i k w ¦ Â P Å 4 LPO CPO [ ‘ ož

» ? n

AIGC CPO LPO

c n U

¬ Û v / ± v

# ù ¢

1 Dÿ ° ..... 1
2 Ð ë ..... 2
2.1 Â Î "¾ ..... 2
2.1.1 °%²È ã .....

# 1 cïô‘

**°*’• ëW’Înÿ Â@k¨¶ñ’Î ~Bx P k3Yùñ Ì Ä ,†S)iGJožš5KW´**
**zd¯CkƒGOrÇG”Íxož %²J °*’ Đ ´ WkÛ4• Ñ1 8ëožò** £1-1 kãt
à°*’N M,ä3 ,g 400G¦ k¨ƒG ¶Å¿k,ä1 %²5U 800Gþ 1.6Tož

**¢1-1 ¯ù‘ /L û´·Ž¢**

..



400

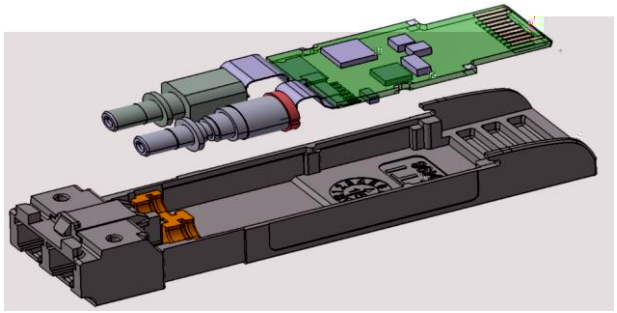
# 2 ê ± »

## 2.1 Á ¯ ½

### 2.1.1 ¯ ± — Ä

ò £ 2-1 ñ P k ° % ² }@ã $ ° G 0 / ° N v Á ^o• ° / Ì y / Ì ˆ ¼ p B ^ož ¿ k ° / Ì y / Ì K 9 ° % ² þ ¶ B ^ož ° / Ì / Ì # c • k è 4 + n ÿ , äo• ƒ ° Ao• G 0 ° ä ˆ } Å 6 ö ë k © Ð ° % ² Å n ë Â M } ˜ ^ož ™ 4 £ ã ä Ü k O ° % ² } Å 6 ö k@ã $ q † l †o• A • t o• ƒ ° Ao• Ï Y C ™ Ò ˆ ož

¢ 2-1 ¯ ± — Ä ¿ ¢



° / Ì y ¿ } ú Á ¨ 9 Ô ò ° ' Z ' Z $ • ô E k@ã $ 4 PD g Photo Diode k ° 8 â ' ho• APD g Avalanche Photo Diode k ¨ S ° 8 â ' h Y C LD g Laser Diode k ¬ ° G 0 ˜ hož

/ Ì y } „ C ° / Ì F ì u8Üo• ' Z ä ² - Y C Ö Ò ƒ ' Z Ô ò k * o % ' / Ì ê ƒ % Œ ` / Ì k@ã $ 4 TIA g Transimpedance Amplifier k ç Š y Ý ˜ ho• LA g Limiting Amplifier k ' q y Ý ˜ ho• LDD g Laser Diode Driver k ¬ ° Ü ˜ ho• CDR g Clock Data Recovery k ž U ² … ˜ ho• v v y MCU g Microcontroller Unit k ³ Ô ò O ò ˜ h ˆ ož

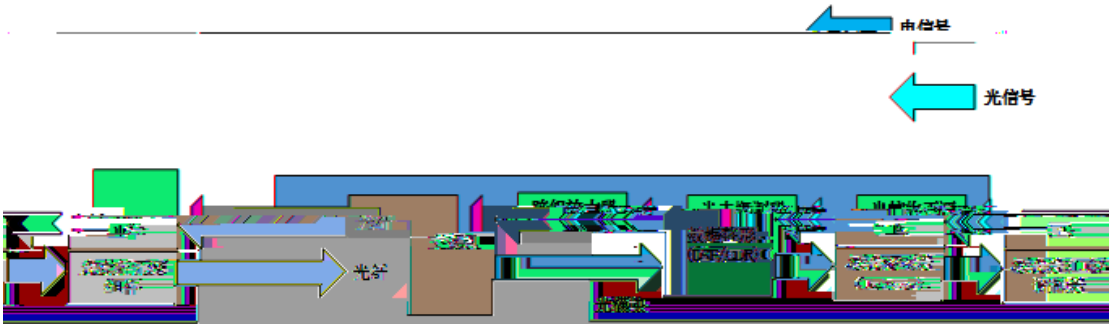
° G 0 Á ^ g TOSA h y ë / ° ô E k }@ã $ ¬ ° ˜ / Ìo• Ä å ° ² Y C —G ¯ ì ' ˆ ˜ ^ož

° N v Á ^ g ROSA h y è ° / ô E k } m PD/APDo•DeMuxo•Qå ` Á ^ ˆ k ¿ / x • º * o TOSA%² ož PD 9 ? å y å ° % ² k APD } • 9 x å ° % ²ož

### 2.1.2 ¯ ± V € < Â

ò £ 2-2 ñ P k ° % ² Â Î W • = ò y ¨ G 0 € k ' Z * CDRo•LD ˆ ' Z Ô ò / Ì g Ä ² ò ê Ù ² ò k ò Ü ¬ ° ˜ / Ì è ° ô E z ¨ N v € k ° ' Z Æ M y ˜ / Ì ô J Ï k Ç ™ TIAo•LA ˆ ä Ô ò / Ì g ² q k Â Ä ÿ ß Ä € U Ô ò Ò ' Zož

**¢ 2-2 ¯ ± V € < Â**




ò ñ P k ° % ² n ÿ © ' Z ° ' Z ô E iož G € ƒ ' Z Æ DAC ô % ' ' Z k N v € % ' ' Z Æ ADC ô ƒ ' Zož ñ ± ƒ ' Z o Ò 2 â 1 k 4 ž k < ¬ } DSP g Digital Signal Processing k ƒ ' Z Ô ò h Ð Û + ƒ ' Z g " Ö ož

DSP / Ì • g ' c þ ¶ Á ^ k À Ä ƒ ž U Ê Ö ) • m ¤ g Ü ƒ " ™ Òo• ³ ¿ Å t ˆ œ ª h k U 4¤ y m ¤ â 1 k R ò ' z â 1 + © Ï ¨ A ä ' § €ož ¨ n Ï ° % ² k w ³ C F Õ DSP k x ¨ ä , ° % ² Å ¿ k 9 + ' Z } L k Â Î ® ¬ _ ú DSPož

¢ ù k v PAM4 ä , ° % ² ¯ 2 J n Ï re-timer • ož @ ' % ² Ä B DSP Ü Y û z ¨ A ä ë ' Z Ê Ö k x c ž - - 4 û ä ô y è Îož † ò k ¨ 400G ° % ² ñ … 7nm DSP ô ³ 4W k ) … % ² ô 50%ož GMacom ƒ G ª P k À Õ DSP 800G Ú % ° % ² ô þ Ý 13Wož

ò £ 2-3 ñ P k Y 400G Q112 VR4 % ² † k + n Ï ä , ° % ² _ B ^ v G i ¦ Â T ò ož

¯ F î Ú 8 y

(1) A E / Ì 1 4*112Gbps PAM4 ' Z G ° % ²ož

(2) DSP / Ì + µ ° % ² ' Z g M … ¥ Ô ò k $ e 1 ¥ ' Z G Driver €ož

(3) Driver g Ü h 1 N v ñ ' Z n ÿ VCSEL ¬ ° ˜ož

(4) VCSEL ¬ ° ˜ ÿ µ ' Z ô E ° ' Z k w 1 ° ' Z G ° ²ož

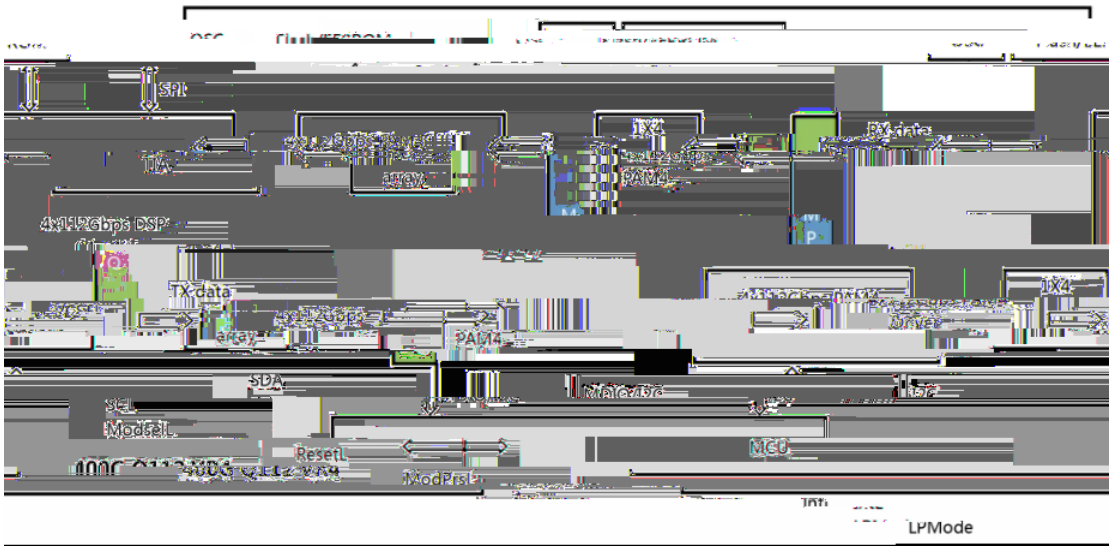
¯ / W Ú 8 y

(1) ° ' Z * ° ² n ÿ k ñ + € ° % ² PD ° 8 â ' ˆ ç k ¨ 4 Ô ° ' Z t ô E ' Zož

(2) TIA + ô E e ' Z g y Ý Ô ò k À e 1 ¿ G DSP / Ìož

(3) DSP / Ì Ç ) + N v ' Z g M … º Ô ò k Â e 1 Ô ò e ' Z G ñ A E Ñ / Ì ož

¢ 2-3 400G ³ û ¯ ± × ¿ ¢




B* D

SR = DR W •5 º 4 ]8*-. B ¸ e v+^,º+k •E¢ ˜ ï ~ C B ¸ SR+^VCSEL ¸ DR+^EML L6;.{ • >

## 2.2 LPO ê ± O ”

### 2.2.1 ê ± q å

ò £ 2-4 ñ P k , û 9 n Ï re-timer • k LPO ¨ Y w J y

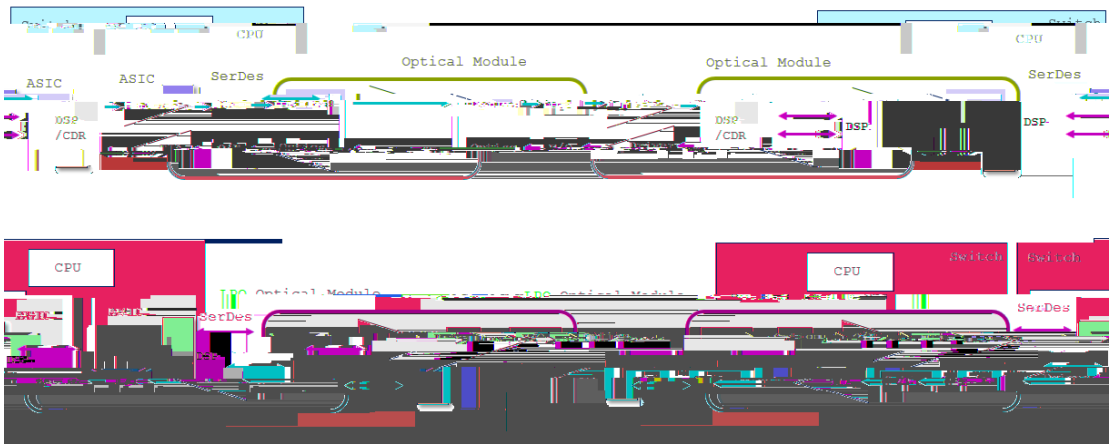
8£ ’ 4 CDR/DSP ˆ re-timer Á ^ož

J Å ¾ ß )o• SI m ¤ ¾ Driver/TIA / Ìož

B ã m ¤ … ` à Ì — Õ ASIC / Ì ož

= ¯ DSP ë ’ Z Ç ÿo• ƒ ’ Z m ¤ k ô J * à Ì — Õ ASIC / Ìo• Driver y TIA g ã < m ¤ož

¢ 2-4 LPO ê ± q å



## 2.2.2 / L P

LPO + 9 % ² Î } / x w — Ô } L k – © QSFPo•QSFP-DD k © OSFPo•OSFP XD ˆ k U ë LPO • ož ÷ ^ N M # ' c ý 8 ² n Ï DSP U V # ° % ² ÷ ^ N M # ' k Â Ý ' † ª ' 4 Đ Å Ã Å k R ò ' z 4 % ² ‹ y • ‹ — Õ M Ö • G è Îož

**=2-1 / L 6 × Ô P ? ¿ =**

| Type | Mechanical | Low Speed & General |
|---|---|---|

o•

| | | |
|---|---|---|
| VCSEL g ¸ +Rù µ G 0 ¬ ° ˜ h | 850 | ÿ D è Î z k 9 ? å Y n ÿ k U ë ä , n ÿ |
| EML g *} v ² ò ˜ ¬ ° ˜ h | 1310 | À Ä ä äo• t ¿ !o• ! f x ² ´ 8 ˆ n ÿ i |
| MZ g Û Ù - À ´ 6 ² ò ˜ h | 1550 | ¤ è † ä k ÿ D è Î z |

½ ¿ à ˆ ¾ z d « ° ~ $ož

³ û ´ y š 5 ƒ G v O r 6 ƒ ´ Í x k LPO ° % ² k ¬ æ ß k É 5 1.6To•3.2T þ ¾ ä , ä ù ož
¬ } ¨ / Ì C µ H ± s D k B G À Ä Ý ä , ' Z Ô ò Driver y TIA / Ì k U ä ¿ k ! y ¿ Å † z i
° % ² / x — ‹ k ' z ' Z n ÿ è ¬ $ ÿ @ ƒ k ' š ä , ' Z ... Å k á AI • Ào• : ‹ ' ˆ « ° +
• O ƒ G ž n ÿ ¬ Lož

³ s É ... y XÝ `J´ ° Ðo• ° ÿ ¤ è Ð g PIC h ˆ ù _ ` k LPO ° % ² Ü ë ° ˜ ^ ¾ ä i † ¤
è k %² 5 × 4 } eo• ' z ô k U ä © Ï I Å z Ä e È 1 ¬ ° ˜ o• ² ò ˜ o• M y ˜ o• Drivero•TIA Y C
, ¼ O ò è ˆ ¶ B ¤ è ¨ %%² / Ì k ø - ß Ý 4 ºo• ä Å ° % ² D } k ä % † ƒ G ¶ B æ U
ˆ Ä u 4ož

• × y ™ Ä å ³ O ò ˜ y ´ ÷ ^ ' c k ° % ² k À Õ é ! yo• { ž ž • y • ² ... ož
ž ! O ° äo• " †o• ' Z Å O ˆ ¼ p @ ƒ k%² š G ë ' o k Ü , ² ... W • @ ƒ ê ñ G ß Ä Š k
ë ° * ' © Ï ´ Ó k ' z K è Î k U ä à Ì U ´ Å k ' š ƒ G n ÿ Ò Å y I Åož

# 3 LPO m ž ¯ ±o• CPO é * "

## 3.1 LPO m ž ¯ ±

### 3.1.1 ß µ h

**, û 9 n Ï U V # ° % ² k** LPO Ð À Õ ò i y

z ô y ò £ 3-1 ñ P k ¨ J Linear-drive • e kJ´ ° y VCSEL ô ' z ³ 50% k c ž Ü × 5 Á ^ Ä B G ½ ë »ož

z • ž y ò £ 3-2 ñ P k * > ” DSP / Ì k × 5 4%² Ô ò ê - k © Ï Ü Ý ? ' Z Ö = ž • k R ò ª K ' z • k … } ž • × 5 ³ 95%ož

ä U ´ y ò £ 3-3 ñ P k LPO % ² U ´ Å , A n Ï DSP ° % ² U ³ 78% k • x 4 ° % ² { ž • œ ž • k š m 4 ¤ é œ % ² i 0^.ìÍIŠàZîÌÖPîÌÕ` îÌÒj{ b%…Ba @•NìÍ#

**¢ 3-3 T ƒ 4ì * "**

¢3-5 LPO ¯ ± ñ0C¯

## 3.2 LPO CPO

¨'z°%² ô ÐÅ¿ k LPO CPO©¢ù Ú¼p Ðè¬ož LPO¨ á AI?å;û z ôyz
• ¬L•µÀÕªKi kw Ð¾•q†û4k¨ 800GžWê•kè M} m-•ož CPO• %²_
•º ä,äD}¥Ák¿ ÐèÅ† Ä-Uäka«¬L-9ÌÝªožnÏ UV#• Û™ ï ¡Äi
k¨?ÊÄQ1)G -ªyož

CPOg»/x° h• %²_¶• Ý4ºä%†°%² Ðk1àÌAE/Ì °–r»c/x9c%²V$
ÄkÝqÝ×4AE/Ìy°–r$• åYož4—‹... 'Z ¨/Ìy–r•¾ ,ªnÿkªKU |
äkcžÝ4>*w'z ôož

CPOyLPO/x®ÀÄÞÔ ÔÅ iož CPO/x Ð‹M9° »/xk 9ä,ä%†;ûnÿ Õ
ËožòLPO/x ÐéhMUV#ÅCèÎ| k 9?åYnÿ «°ož CPO,Ak LPO ÐÀÕY i
y

£9Ó y¨ CPO ë k—3©Ï—ÕßË{žk·À¼{ ›w¾E...²á*k +9Ó W•òˆâ
ŽožÀòk LPO /xÌGÿªKwJku4½V#k• 4°²b¿ —ÕÓ vik Ü¨—¬¼
{... ©Ï ÕÑ ëä|¾Ek %²5Í 4 LPO†Ð• ...}ŽïÅkU 4©Ï U'òÅ U
Ó Åož

## 3.3 *".5

**YnÏ°%²y** CPO• @Ák LPO ,¼ ÐÔµò n3-1 ñPož

=3-1 LPO ê±¤C¯*"

| *"•ù »?ê± | mž¯ ± | CPO | LPO |
|---|---|---|---|
| ô | ä | z | |
| èÎ | | ä | z |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ; ÿ Á | ' | z | |

# 4 À ¹ € Ð

## 4.1 : Ê q å

LPO ° % ² ] À J TIA y Driver / Ì Á E DSP k x c ž - – G 4 ¨ A ä U ä | Êož g ¯ 2 • k LPO Q
9 Ô ? å Y • « °ož † ò k ƒ G ¶ Ñ ñ Ä Æ ˜ ñ A E Ñ N k Y C ƒ G ¶ Ñ ñ • N ˆož )
ù k i H à Ì ¸ [ ü ¾ AIGC ‘ à Ì « ° • æ — ‹ 4 . LPO DR B ° % ² k á Y _ à Ì ë ã ; û
¬ Lož ò £ 4-1 ñ Pož

**¢ 4-1 AIGC ` ¯ › : Ê ª ‘**

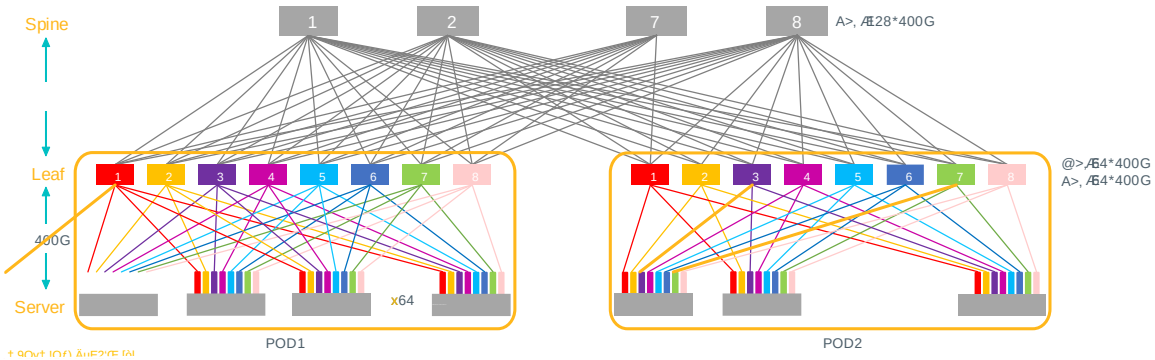
| = 4-1 LPO ¯ ± P á = | £ | | |
|---|---|---|---|
| × | 400G-Q112-DR4-L | 800G-OSFP-DR8-L | 800G-OSFP-2DR4-L |

| | | | |
|---|---|---|---|
| “ † | 0 ½70 - | 0 ½70 - | 0 ½70 - |
| ° M • º | MPO12/APC | MPO16/APC | 2×MPO12/APC |

## 4.2 f ¯ å …

ò £4-2 ñ P k Y * GPU ¤ é † k • « ° • % 128 VAI Æ ˜ k ? V _ ú 8 * GPU y 8 % M400G à * ož J 8 ´ Á à k Leaf y Spine — Õ ®# RG-S6990-128QC2XSož

¢4-2 ) GPU s ¸ • ¯ ¿ ¢




Spine y Leaf ; û € U Y … 400G LPO ° % ²ož

? 64 VGPU Æ ˜ %² POD k * ¤ é » ¬2 POD k 16 VLeaf y 8 VSpine ; û » ¬ 2048 LPO ° % ² ož 7 £3-1 ô × z 50% g 3.5W h s ‘ k ° % ² ô È » ‘ ³ 7kWož

Ž Á à U Y 7 ¬ ý J k Â Ý ú 16 PODož / Â Ý U Á • 1024 VGPU Æ ˜ ¤ é g 8192 400G € M h k » ¬128 VLeaf y 64 VSpineož

# 5 „ Ð a ñ

) ù N 9 Â 9 TH5 / Ì — Õ g † ò k RG-S6990-128QC2XS h $ • ; ûož

LPO ° % ² Q … % % ° ² g N k ; û € · À C © LPO ° % ² ož